LE

GRANDI INVENZIONI

ANTICHE E MODERNE

OPERA COMPILATA

DA

B. BESSO

SESTA EDIZIONE CON NUMEROSE AGGIUNTE.

La stampa - L'incisione - La litografia - La carta - Il termometro - Il barometro - Le macchine pneumatiche - La bussola - Gli aerostati - Il vetro - L'arte ceramica - La polvere da cannone - Le artiglierie e le armi portatili da fuoco - Gli strumenti d'ottica - Il microscopio - Il cannocchiale - Il telescopio - Istrumenti d'ottica dilettevole.

I fari - I segnali marittimi - I battelli di salvamento - Le macchine a vapore - Le macchine a gas - Le macchine ad aria calda - I battelli a vapore - Le strade ferrate.

La fotografia - Lo stereoscopio - Le macchine elettriche - Il parafulmine - La pila di Volta - Apparati elettro-magnetici e magneto-elettrici - Il telegrafo - La telegrafia sotto-marina - La galvanoplastica - Gli orologi - I pozzi modenesi Vari mezzi d'illuminazione - Filatura e Tessitura.

MILANO

FRATELLI TREVES, EDITORI DELLA BIBLIOTECA UTILE

1875.

LE GRANDI INVENZIONI

LE

GRANDI INVENZIONI

ANTICHE E MODERNE

OPERA COMPILATA

DA

B. BESSO

SESTA EDIZIONE CON NUMEROSE AGGIUNTE.

La stampa - L'incisione - La litografia - La carta - Il termometro - Il barometro - Le macchine pneumatiche - La bussola - Gli aerostati - Il vetro - L'arte ceramica - La polvere da cannone - Le artiglierie e le armi portatili da fuoco - Gli strumenti d'ottica - Il microscopio - Il cannocchiale - Il telescopio - Istrumenti d'ottica dilettevole.

I fari - I segnali marittimi - I battelli di salvamento - Le macchine a vapore - Le macchine a gas - Le macchine ad aria calda - I battelli a vapore - Le strade ferrate.

La fotografia - Lo stereoscopio - Le macchine elettriche - Il parafulmine - La pila di Volta - Apparati elettro-magnetici e magneto-elettrici - Il telegrafo - La telegrafia sotto-marina - La galvanoplastica - Gli orologi - I pozzi modenesi Vari mezzi d'illuminazione - Filatura e Tessitura.

MILANO

FRATELLI TREVES, EDITORI DELLA BIBLIOTECA UTILE

1875.

PREFAZIONE

Non crediamo necessario spendere molte parole per dimostrare l'utilità di un'opera che scorrendo rapidamente pei campi della scienza, delle arti e delle industrie, espone popolarmente la storia e l'importanza delle più grandi invenzioni antiche e moderne, ne accenna le più utili applicazioni ed i successivi perfezionamenti. Le opere di questo genere rispondono ad un vero bisogno dell'epoca nostra, perchè si rivolgono a quella numerosa schiera di persone che per le loro occupazioni non possono imprendere studi serii e profondi e pur sentono vivamente il desiderio di conoscere la storia e lo svolgimento di tante belle invenzioni che spandono immensi benefici sull'umanità tutta quanta. Chi può oggidì ignorare completamente l'esistenza della stampa, della macchina a vapore e delle sue applicazioni alle navi, alle ferrovie, all'agricoltura, all'industrie d'ogni genere? Chi può tener chiusi gli occhi in faccia alle brillanti e svariate applicazioni dell'elettricità alla telegrafia, alla galvano-plastica, all'illuminazione? Chi non ha udito parlare dell'aerostatica, della fotografia, e di tante altre invenzioni che tacciamo solo per brevità? Chi potrebbe sconoscere gli immensi benefici che risultano all'umanità dal perfezionamento di tutte le arti, di tutte le industrie, dovuto ai rapidi progressi che si operarono in questo secolo in tutte le scienze? Dall'agricoltura all'orologeria, dalla filatura alla metallurgia, ogni arte, ogni industria si è perfezionata con inestimabili vantaggi per tutte le classi sociali che videro accrescersi il loro benessere e le loro soddisfazioni materiali. Chi più, chi meno, per un motivo o per l'altro, ciascun di noi si trova a contatto coi progressi della scienza, e desidera rendersi conto dei miracoli che essa va continuamente operando sotto ai nostri occhi.

A questo desiderio risposero illustri scienziati che concepirono e tradussero in pratica la filantropica idea delle volgarizzazioni scientifiche, che, ignote alle passate generazioni, sono incontestabilmente una delle più belle glorie del nostro secolo.

In questo, come in tanti altri rami del civile progresso, convien pur confessarlo, fummo preceduti dagli stranieri.

Opere simili alla presente videro la luce già da decine d'anni in Germania, in Francia e in Inghilterra, ovunque trovarono la più lieta accoglienza, furono tirate a migliaia e migliaia d'esemplari, e le nuove edizioni si succedettero rapidamente. L'opera che oggi pubblichiamo, compilata appunto sulle traccie di opere di questo genere comparse al di là delle Alpi, vide la luce per la prima volta nel 1864; la sorte le arrise propizia superando le speranze del compilatore e degli editori che videro completamente smaltirsi nel frattempo ben dodicimila esemplari. La nuova edizione che oggi presentiamo al pubblico è completamente rifatta, considerevolmente accresciuta, e vogliam lusingarci, anche migliorata. L'aumentato formato permise di toccare argomenti omessi od appena accennati nella prima edizione, e rese possibile l'aggiunta di alcune note biografiche relative ai più illustri scienziati sui quali cade il discorso.

La prima parte comprende: La stampa, l'incisione, la litografia, la carta, il termometro, il barometro, le macchine pneumatiche, la bussola, gli aerostati, il vetro, l'arte ceramica, la polvere da cannone, le artiglierie e le armi portatili da fuoco, gli strumenti d'ottica, il microscopio, il cannocchiale, il telescopio, istrumenti d'ottica dilettevole. Nella seconda parte si discorre dei fari, dei segnali marittimi e dei mezzi di salvamento, della macchina a vapore e delle sue applicazioni, con speciale riguardo alla navigazione ed alle strade ferrate, ed in tale incontro adempiamo ad una vecchia promessa, discorrendo compendiosamente di quanto si riferisce alla costruzione ed all'esercizio delle ferrate. Vi sono aggiunte notizie molto importanti sulle nuove macchine a gas. Nella terza ed ultima parte il lettore troverà esposti i fenomeni elettrici, le principali applicazioni dei medesimi, in ispecie alla telegrafia ed alla galvano-plastica; poi si discorre della fotografia, dello stereoscopio, dei varii mezzi di illuminazione, degli orologi, dei pozzi modenesi o artesiani, e infine della filatura e tessitura.

Il sistema seguito è di esporre brevemente per ogni singola invenzione, dapprima la storia, poi la biografia degli inventori, la narrazione delle lotte che ebbero a durare, degli ostacoli che dovettero abbattere, dei tentativi più o meno lunghi nei quali dovet-

tero perseverare prima di raggiungere la meta, e ogni singolo articolo si chiude con la descrizione tecnica dell'invenzione di cui trattasi e delle sue più comuni applicazioni. Il tutto è corredato di nitide incisioni destinate a rendere più facile l'intelligenza dei varii argomenti ed a meglio imprimerli nella mente del lettore.

Il compilatore, pur servendosi largamente di opere straniere, ebbe ed avrà sempre presente che quest' opera è destinata agli Italiani, e perciò pose ogni studio nel rintracciare qual parte ebbe la nostra Italia in tante invenzioni; da questo studio risulta, senza vanità nazionale, che non poche invenzioni ebbero fra noi la loro origine, sebbene gli stranieri lo ignorino, o fingano ignorarlo.

Dovendo svolgere, in spazio relativamente ristretto, tanti e sì svariati argomenti, ciascuno dei quali meriterebbe un' opera apposita, riesciva impossibile trattarli nel modo più completo; tuttavia il compilatore nutre lusinga che la lettura di quest'opera non debba riescire del tutto inutile e giovar possa a destare in taluno dei lettori l'amore per la scienza, l'ardore allo studio.

Raccomandiamo specialmente codesti volumi alle madri di famiglia che potranno ricavarne ampio argomento per conversazioni istruttive e dilettevoli coi loro figliuoli, li raccomandiamo agli operai che da questa lettura potranno rendersi conto di molti lavori manuali, trarre incoraggiamento al lavoro e allo studio, con la speranza di sorti migliori.

Qui vedranno le madri come molti genii incominciassero a svilupparsi giovanissimi perchè posti in favorevoli circostanze: vedranno come torni vantaggioso condurre, sia pur rapidamente, i loro fanciulli, per le molteplici regioni della scienza, delle industrie e delle arti: la storia d'un'invenzione può far germogliare in quelle giovani menti, attitudini che altrimenti rimarrebbero ignote.

E gli operai si rallegrino a considerare che dalle loro fila uscirono Newcomen e Watt, inventori della macchina a vapore; Stephenson, inventore della locomotiva tubulare; Senefelder, inventore della litografia; Arkwright, inventore della filatura mec-

canica del cotone, e cent' altri. Scorrendo queste pagine impareranno a conoscere questi oscuri operai che seppero, mercè lo studio, la buona volontà e la perseveranza, sollevarsi gradatamente alle più splendide posizioni sociali, e si meritarono a buon diritto il titolo di benefattori dell'umanità. — Studiate, studiate quanto più potete, e se non potete studiar voi, fate studiare i vostri figliuoli; ci va del loro avvenire. Vivendo, come per buona sorte viviam noi, in paese libero, lo studio è fonte di benessere e di prosperità; ormai — imprimetevelo bene in mente — *sapere* vuol dir *potere;* chi più *sa,* più *può.*

Ancor due parole al benigno lettore, per affermare nel modo più esplicito, che questa non è un' opera originale, ma una *compilazione;* perciò è per la massima parte ricavata dalle migliori opere italiane e straniere che trattano gli argomenti svolti in questi volumi. Ci piace insistere su questa circostanza per risparmiare a qualche critico poco benigno la briga di accusare di plagio il compilatore. Questi crede dover dichiarare che preferisce riferire testualmente le frasi intiere d'un autore che si sia espresso chiaramente, senza mancar di citarlo, anzichè rifare quelle stesse frasi, a rischio di storpiarle, unicamente pel piacere di far credere di sua fabbrica ciò che non è.

Più d'un errore, più d'una inesattezza, saranno certamente, ad onta di tutte le nostre diligenze, penetrate anche in queste pagine. Chi amasse rettificarli, farebbe buona opera informandone lo scrivente, che accoglierà con grato animo ogni osservazione che possa giovare al miglioramento successivo del suo modesto lavoro.

B. BESSO.

LE GRANDI INVENZIONI

ANTICHE E MODERNE

NELL'INDUSTRIA, NELLE SCIENZE E NELLE ARTI

PARTE SECONDA

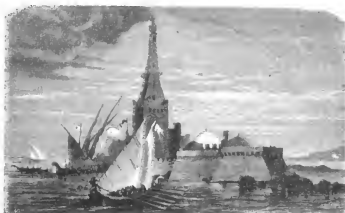



Fig. 1. Antico faro d'Alessandria.

I FARI E I SEGNALI MARITTIMI.

I.

Importanza dei fari. — Due delle sette meraviglie del mondo antico. — Il faro d'Alessandria; il re Tolomeo Filadelfo e l'architetto Sostrato. — Fari romani ad Ostia, a Pozzuoli, a Capri, a Boulogne. — Avidità di guadagno e rovina di un faro. — Il Risorgimento ed i fari inglesi. — La corporazione di *Trinity-House*.

Un' applicazione importantissima delle lenti e degli specchi è quella che si rivolge a vantaggio della navigazione, e quindi del commercio e della civiltà: consiste essa nei fari, che, mercè i progressi nelle scienze, giungono a proiettare a grandissime distanze la benefica loro luce che addita al nocchiero la strada da far percorrere alla nave se vuol condurla in porto a salvamento. È nostra intenzione esporvene ora brevemente la storia e spiegarvene poscia l'ingegnoso meccanismo.

Sebbene l'arte della navigazione fosse assai ristretta presso gli antichi ed essi viaggiassero ordinariamente solo di giorno e senza perdere di vista la terra, pure non dovette esser loro sempre possibile toccar terra all'approssimarsi della notte, e non poche volte, spinti dai venti o dalle correnti, avran dovuto perdere la vista delle coste. Convenne quindi additare a quei naviganti notturni la posizione dei porti in cui dovevano ripararsi, dei punti più pericolosi della costa che conveniva evitare. Si eressero a tale scopo in riva al mare, nei punti più importanti, alte torri sulle quali si manteneva acceso tutta la notte un vivo fuoco che serviva di guida ai naviganti.

Fra le sette meraviglie del mondo antico, figuravano due fari, quello di Rodi in forma di co-

losso nmano e quello d'Alessandria, entrambi posti all'ingresso del porto rispettivo.

Il nome di *faro* (1) dato alle costruzioni destinate ad illuminare l'ingresso dei porti ed i punti più pericolosi delle coste, deriva dall'isoletta *Faros*, posta all'imboccatura del porto d'Alessandria, sulla quale isoletta fu innalzata l'immane torre che vedete rappresentata nella figura 1. Dalla maggior parte degli storici si ritiene che questa costruzione sia stata innalzata dall'architetto Sostrato, intorno all'anno 283 prima dell'era volgare, per volere di Tolomeo Filadelfo. Vuolsi che Sostrato fosse altrettanto furbo ed ambizioso quanto abile nell'arte sua, e che, per tramandare ai posteri il suo nome, incidesse profondamente nelle muraglie della torre questa iscrizione: *Sostrato da Gnido, figlio di Desifane, agli dei protettori dei naviganti.* Prevedendo però che il re Tolomeo, che sosteneva la spesa, non avrebbe approvata quest'iscrizione, dicesi che Sostrato trovasse prudente di coprirla con sottile intonaco, ch'ei ben sapeva non avrebbe resistito a lungo alle ingiurie del tempo, e su quest'intonaco scrivesse a grandi caratteri le lodi del monarca. L'intonaco cogli elogi e col nome di Tolomeo scomparve di lì a pochi anni, così narra la leggenda, lasciando scoperta l'iscrizione che dava tutta la gloria a Sostrato e ne immortalava il nome.

Le coste d'Italia ebbero fin dal tempo dei Romani numerosi ed importanti fari. Svetonio descrisse quello eretto ad Ostia, alla foce del Tevere, sotto l'impero di Claudio, Plinio descrisse quello di Pozzuoli; fu del pari celebre il faro eretto a Messina, che poi diede il nome allo stretto che separa la Sicilia dal continente; per ultimo ricorderemo l'importante faro che esisteva nell'isola di Capri, rovinato da un terremoto poco tempo prima della morte di Tiberio.

I Romani non si limitarono a costruire fari soltanto sulle spiagge latine, ma innalzarono costruzioni di questa specie anche sulle coste più lontane del loro vasto impero. Le rive della Manica (quel braccio di mare che separa Francia e Inghilterra) ebbero due fari, l'uno presso all'odierna Boulogne, l'altro sulla costa inglese, presso a Douvres. Il primo, costrutto sotto l'impero di Caligola, sfidò il dente dei secoli fino al 1640, nel qual anno rovinò più per incuria ed avidità degli uomini che per debolezza di costruzione; esso era fabbricato sopra uno scoglio dal quale si ricavavano ottime pietre da fabbrica, l'imprudenza e l'avidità spinsero i cavatori fin sotto le basi della torre, la quale mancando improvvisamente di base, dovette necessariamente crollare. Il secondo faro, quello sulla costa inglese, è scomparso in epoca più remota, e gli archeologi non poterono ancora mettersi d'accordo neppure nello stabilire la precisa località in cui esso innalzavasi.

Il medio evo, come non fu propizio a nessuna arte, a nessuna scienza, così non lo fu neppure alla navigazione, e perciò non vi stupirete udendo che la storia non ricorda la costruzione di alcun faro importante nel lungo periodo che corse dalla distruzione dell'Impero Romano fino all'epoca del Risorgimento.

L'Inghilterra fu la prima nei tempi moderni a comprendere tutta l'importanza dei fari. Fino dal sedicesimo secolo le coste di quel paese erano già guernite tutte le notti da una cintura luminosa che divenne in seguito sempre più fitta. Si videro sorger fari, quasi per incanto, su tutti i punti più importanti delle sinuose coste del Regno Unito. Convien però dire che non tutti furono eretti per solo amor del prossimo, poichè i bastimenti che approfittavano di quella luce dovevano pagare somme rilevanti ai proprietari dei fari. L'erigere un faro ed il mantenerlo acceso tutte le notti costituiva quindi un'industria lucrosissima che per molti anni fu sfruttata soltanto dalla *Corporation of the Trinity-House of Deptford Strand*, fondata sotto il patrocinio della regina Elisabetta. In appresso la corona inglese richiamò a sè la prerogativa di accordare, sia a titolo di favore, sia verso determinato compenso, il diritto di eriger fari. Da allora in poi non vi fu un punto della costa appena appena importante che non fosse ambito dagli speculatori. Un antico ministro di Stato, molto beneviso a corte, lord Grenville, aveva scritta nel suo portafoglio questa nota: «Cogliere il momento in cui il re sarà di buon umore per chiedergli una patente per costruire un nuovo faro.»

Le conseguenze di questo sistema non furono troppo felici. Alcuni fuochi spandevano poca luce, altri venivano accesi per poche ore soltanto, e la navigazione era tuttavia obbligata a pagare fortissime tasse ai proprietari dei fari. Questo stato di cose indusse il parlamento inglese, durante il regno di Guglielmo IV, ad emanare un atto in cui stabilivansi regole determinate ed uniformi, per l'amministrazione dei *light-houses* (case di luce, fari), e, nello stesso tempo, diminuiva le tasse (*tolls*). In virtù di quest'atto la corona inglese rinunciò alla *Trinity-House* tutti i suoi diritti sui

(1) Le notizie che qui diamo relativamente ai fari sono attinte in gran parte da un'eccellente monografia pubblicata dal signor Leone Renard.

fari verso il corrispettivo di 7,500,000 franchi, ed autorizzò quella corporazione a riscattare dai privati tutti i *light-houses*, il che avvenne a poco a poco, non senza spese gravissime. La corporazione di *Trinity-House*, esclusivamente composta d'uomini di mare ricchi d'esperienza, concentra al presente nelle sue mani tutta l'amministrazione dei fari d'Inghilterra.

L'esempio dell'Inghilterra fu a poco a poco imitato da tutte le nazioni civili; queste non si limitarono ad eriger fari lungo le coste dei rispettivi territorii, ma ne eressero pure, a spese comuni, in alcuni punti pericolosi di coste selvagge e disabitate, a beneficio della navigazione mondiale.

II.

L'illuminazione delle strade e quella delle coste. — Il linguaggio dei fari. — Varietà di splendori e varietà di colori Fari di *scoverta* o di *riconoscenza*; fari di *richiamo*. — Fuochi fissi, splendori, ecclissi; fuochi scintillanti.

Prima di inoltrarci ulteriormente nell'argomento che ora ci occupa, vogliamo togliere un equivoco che potrebbe nascere in taluno fra i nostri lettori. Quando si dice che una costa è illuminata da fari, non convien credere che questi sieno disposti lungo la costa a grande vicinanza l'uno dall'altro; una costa marittima non è paragonabile alle strade d'una città, che sono tanto meglio illuminate quanto più numerose sono le fiammelle di gas. Se un litorale fosse troppo illuminato, il navigante vedrebbe soltanto una continua linea di fuochi che produrrebbero confusione e non altro. Limitando invece il numero di queste guide, collocandole nei luoghi più opportuni ed in modo che una di esse non possa venir confusa con le altre, si raggiunge realmente lo scopo. — Da ciò si comprende che ogni faro deve avere un significato particolare, deve indicare il proprio ufficio con precisione, ed in modo da togliere ogni equivoco agli occhi del nocchiero che sovr'esso dirige i suoi sguardi irrequieti. Tal faro annuncia un porto, tal altro uno scoglio, un terzo indica la presenza di un banco di sabbia. L'uno è visibile persino a 27 miglia di distanza (1), l'altro non si scorge al di là delle 5 miglia. Questi è fisso e spande tutto intorno la sua luce, in modo continuo, senza interruzione alcuna, dal tramonto al levar del sole, lo diresti una brillante stella immobile nella vôlta celeste; quello, più misterioso, emerge improvvisamente dalle tenebre notturne, proietta a grande distanza un lampo di benefica luce, che tosto scompare per ricomparire di bel nuovo dopo brevissimo intervallo; i lampi di luce si alternano continuamente con l'oscurità più assoluta. Non tutti hanno luce d'egual colore, alcuni l'hanno bianca, altri rossa, altri azzurra ed altri verde. Vediamo di renderci conto di tanta varietà.

Un litorale presenta di quando in quando dei promontorii che più o meno s'internano nel mare, ed isole, rocce e scogli che vogliono essere evitati. Su questi promontori, su questi scogli si stabiliscono i fari, detti di *scoverta* o di *riconoscenza*, che sono fari di primo ordine; questi sono situati a tali distanze l'uno dall'altro da rendere impossibile ad un bastimento, che arriva dall'alto mare, tranne nel caso di nebbia, di non scorgere o l'uno o l'altro di essi e di non accorgersi quindi della vicinanza della terra. Avvertito da questi segnali, che scorgonsi a grandissime distanze, il nocchiero si avvicina prudentemente alla costa e a poco a poco scopre i fari di second'ordine che indicano i promontori secondari, i banchi di sabbia, in mezzo ai quali si deve navigare con ogni cautela. Quando poi l'imboccatura di un fiume o l'ingresso d'un porto non sono accessibili che per canali molto angusti, nei quali anche un esperto pilota non saprebbe navigare con sicurezza durante una notte tenebrosa, si collocano altri fuochi di terzo ordine, convenientemente disposti, lungo la direzione che dovrà esser percorsa dal bastimento. Quando questi giunge finalmente presso al porto, ei vede semplici fanali, o fuochi di quarto, quinto o sesto ordine, detti *fari di richiamo*, che gli servono di guida nell'interno del porto.

(1) Il miglio marino, detto anche geografico, è la sessantesima parte d'un grado d'equatore, e corrisponde, in numeri intieri, a 1852 metri.

Queste varie specie di fuochi possono essere: *fissi*, *a splendori*, *fissi alternati con splendori*, *girevoli*, *intermittenti*, *alternativi e scintillanti*. Nei fuochi a *splendori*, la luce si mostra più volte, alternata con altrettante eclissi nello spazio di un minuto. Nei fuochi *fissi a splendori* oltre ad una luce fissa costante, vi è un lampo di luce bianca o rossa alternato con brevi eclissi ad intervalli variabili d'uno, due, tre o quattro minuti. La luce dei fuochi *girevoli* aumenta gradatamente, diffonde per un istante una luce vivissima, che del pari gradatamente decresce, e poi si eclissa ad eguali intervalli, di mezzo in mezzo minuto, ovvero ad intervalli di uno, due o tre minuti. Dicesi che un fuoco è *intermittente*, quando la sua luce compare ad un tratto, rimane visibile per un istante, si eclissa del pari per un istante e così via, ricomparendo e scomparendo a brevissimi intervalli. La luce dei fuochi *alternativi* è ora rossa ed ora bianca senza eclissi intermedii. Per ultimo il *fuoco scintillante*, recentissima invenzione, si ottiene mercè un apparecchio che produce un eclissi ad ogni intervallo d'un secondo o d'un secondo e mezzo, il che dà l'effetto d'uno scintillamento continuo.

Tanta varietà di fuochi permette d'impiegare successivamente lungo una costa qua un sistema, là un altro, più avanti un terzo e così di seguito. E siccome gli uffici idrografici d'ogni paese pubblicano annualmente l'elenco generale dei fari che rischiarano le coste marittime dei due mondi, così il nocchiero, consultando quell'elenco, riconosce a colpo d'occhio, in presenza di qual faro ei si trovi, e non essendo possibile l'equivocare, stabilisce in faccia a qual punto della costa sia giunto col bastimento.

III.

Illuminazione dei fari antichi. — Fari a carbon fossile. — Primi fari a riflettore. — Insufficienza di ottanta lampade. — Progresso nel sistema di illuminazione: lampade Argant a doppia corrente, la lampada Carcel e la lenta carbonizzazione del lucignolo. — Riflettori parabolici a movimento rotatorio.

Gli eruditi non hanno peranco stabilito in qual modo fossero illuminati i fari degli antichi; è verosimile che a tale scopo impiegassero asfalto e petrolio; in epoche a noi più vicine, fin quasi al termine del secolo scorso, il fuoco acceso sulla sommità dei fari era ottenuto da carbon fossile, che ardeva entro ad un paniere di ferro; questo fuoco sfidava il vento e la pioggia, ma spandeva all'ingiro ben poca luce. Col progresso delle arti e delle scienze, si abbandonò questo sistema tanto insufficiente; al carbone furono sostituite le lampade ad olio e per proteggerle dalle influenze atmosferiche si circondarono con pareti di cristallo; ogni lampada era munita d'un *riflettore* (o specchio concavo) di terso metallo, che dirigeva verso l'alto mare la luce ottenuta da quelle lampade.

Tuttavia, neppur questo sistema rispondeva in modo soddisfacente alle esigenze della marina; il faro meglio illuminato dell'epoca, quello importantissimo di Cordouau, alla foce della Garonna, in cui avevasi adottato questo sistema nel 1782, racchiudeva non meno di ottanta lampade accese, ciascuna delle quali era munita di riflettore, e ciò nullameno diffondeva luce talmente debole che i naviganti chiedevano con vive istanze che si abbandonassero le lampade per ricorrere di bel nuovo al primitivo sistema del braciere di carbon fossile.

I reclami dei naviganti ebbero un risultato superiore alle loro speranze, un risultato che fu propizio non solo ad essi, ma benanco ad ogni altra classe dell'umana società. Quei reclami produssero un notevole progresso nell'imperfettissimo sistema di illuminazione adoperato fino a quel tempo.

Riserbandoci a ritornare più diffusamente sull'argomento, quando avremo occasione di parlarvi dei vari mezzi di illuminazione; diremo frattanto che fino al termine dello scorso secolo non si conosceva alcun sistema razionale di lampade; si adoperavano lampade ben poco diverse da quelle semplicissime e del tutto primitive degli antichi etruschi e degli antichi egizi; non deve quindi stupire se anche le lampade del faro di Cordouan davano poca luce e molto fumo.

Un fisico francese, Argant, studiò il problema del perfezionamento delle lampade; nel 1784 ei fece conoscere un becco di sua invenzione a doppia corrente d'aria. Questo becco, che si conosce col nome dell'inventore, si compone d'un lucignolo cilindrico, vuoto internamente, circondato da un caminetto di vetro. Il calore sviluppato dalla combustione dell'olio, alla sommità del lucignolo, pro-

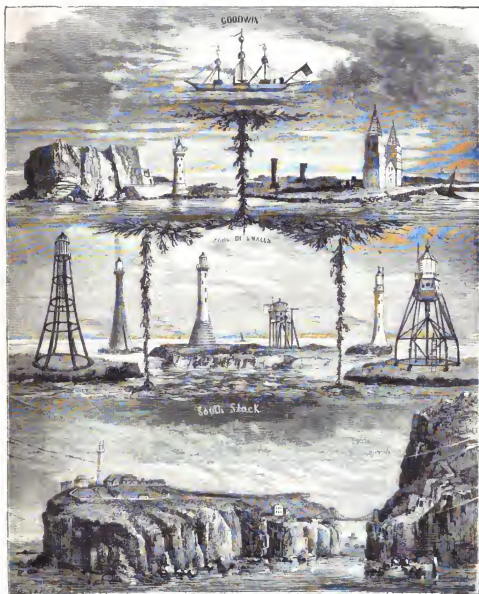



Fig. 2. I fari d'Inghilterra e di Scozia.

duce una potente chiamata d'aria che stabilisce nell'interno del caminetto una doppia corrente continua, mentre una corrente penetra nella cavità cilindrica del lucignolo e, salendo, lambisce internamente la fiamma, l'altra corrente lambisce la fiamma esternamente. Questa duplice corrente d'aria rende più viva la combustione ed aumenta notevolmente il potere illuminante della fiamma. Altri perfezionamenti si succedettero; il caminetto di vetro, dapprima cilindrico, ricevette una forma diversa, lo si restrinse un po' al disopra del becco, allo scopo di obbligare la corrente d'aria, che sale pel caminetto di vetro, a lambir meglio la fiamma per favorire maggiormente la combustione.

Poscia un altro fisico, Carcel, pensò di alimentare il lucignolo con quantità d'olio esuberante, per impedire il riscaldamento del becco, riscaldamento che sarebbe causa di rapida carbonizzazione del lucignolo. Quest'esuberante alimentazione rende inoltre più regolare la fiamma. Grazie a tale innovazione le lampade possono rimanere accese per maggiore spazio di tempo, senza che vi sia bisogno di smoccolarle.

Dopo aver perfezionate le lampade, si riconobbe che anche i riflettori fino allora impiegati non rispondevano pienamente al loro scopo: in luogo di foggiarli, come si era usato fino allora, a segmenti di sfera, si costrussero di forma parabolica, che serve meglio all'intento. Come già sapete, questi specchi rinviano in fasci paralleli, anche a grandi distanze, i raggi luminosi che partono dalla fiamma e colpiscono la superficie perfettamente levigata del riflettore. Muovendo circolarmente quest'ultimo, anche il fascio di luce viene a muoversi circolarmente illuminando successivamente tutti i punti dell'orizzonte, quindi ad ogni giro completo dello specchio riflettore corrisponde un lampo ed un eclisse.

Il primo faro a riflettori parabolici funzionò a Dieppe nel 1784, e riconosciutane l'immensa utilità, lo si applicò più tardi (1790) anche al faro di Cordouan.

Questo sistema, che costituiva un immenso progresso, incontrò tosto molto favore e fu ben presto adottato da quasi tutte le potenze marittime.

L'unita figura 3 rappresenta, in prospetto, un sistema di nove lampade, riunite in tre gruppi da tre lampade ciascuno; ogni lampada è munita del

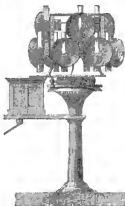



Fig. 3. Apparecchio catadiottrico od a riflessione per l'illuminazione dei fari.

relativo riflettore parabolico. Un piccolo apparecchio di rotazione, che può essere animato da un meccanismo d'orologeria, fa muovere circolarmente ed in modo continuo tutto il sistema, e quindi ogni punto dell'orizzonte trovasi periodicamente illuminato. Come ben si comprende, la durata degli eclissi, ossia degli intervalli fra due illuminazioni successive, dipende dalla velocità dell'apparecchio di rotazione. Un sistema di lampade simile a quello raffigurato qui sopra, può spandere la sua luce tutto ingiro fino a quindici miglia di distanza.

IV.

Inconvenienti dei riflettori. — Fresnel e le lenti a *gradinata*, gli anelli *catadiottrici*. — I lucignoli concentrici e la lampada unica. — Applicazione della luce elettrica. — Ostacoli alla sua diffusione. — Produzione degli splendori e degli eclissi, delle luci bianche e delle luci colorate. — I sei ordini di fari nel Regno d'Italia.

I fari a riflessione, grecamente detti *catadiottrici*, hanno il vantaggio d'essere poco voluminosi e poco dispendiosi; ma, d'altra parte, gli specchi riflettori, che sono parte integrante del sistema, anche quando sono nuovi e lucentissimi assorbono e quindi distruggono, anzichè rifletterla, no-

tevole quantità di luce incidente; e coll'andare del tempo, sotto l'influenza corrosiva dell'aria marina, appannano rapidamente e perdono la loro lucentezza; appannamento che trae seco una dannosissima dispersione di luce.

Un valente fisico francese, Fresnel (1), riconoscendo la gravità di questi inconvenienti studiò il modo d'evitarli e vi riescì molto felicemente, sopprimendo i riflettori e sostituendo loro un sistema di lenti ideato da Buffon, e da esso, Fresnel, perfezionato. Sappiamo già (vedi Parte I, pag. 315) che una lente biconvessa, opportunamente collocata rispetto ad una sorgente luminosa (come in tal caso sarebbe la lampada del faro) concentra, in un fascio di raggi paralleli, tutti i raggi divergenti che cadono sulla faccia di

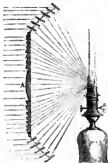



Fig. 4. Sezione d'un apparecchio lenticolare a gradinata.

essa lente, rivolta alla sorgente luminosa, e che perciò quella lente biconvessa funziona precisamente come uno specchio concavo. Convien notare però che, volendo dirigere sul mare un abbondante fascio di luce, sarebbe mestieri impiegar lenti molto grandi. Le lenti molto grandi presenterebbero parecchi inconvenienti; sono difficilissime da costruire, dovrebbero necessariamente essere molto grosse, e per conseguenza assorbirebbero notevole quantità della luce che parte dalla lampada. Il sistema di lenti perfezionato da Fresnel rimedia a questi inconvenienti; esso è rappresentato in sezione nella fig. 4 e lo si vedrà in prospetto nella fig. 9.

Questo sistema risulta dall'unione di parecchi anelli concentrici di vetro: il maggiore circonda e tiene incorniciato dentro di sè il successivo, questo ne tiene incorniciato un altro, e così via fino al minore di tutti che tiene incorniciata una lente piana-convessa che è indicata in sezione (figura 4) con la lettera A. Quei singoli anelli sono porzioni di lenti piano-convesse, e tutti rivolgono la parte piana dalla stessa parte della faccia piana della lente centrale; la curvatura dell'altra faccia dei vari anelli è calcolata in modo che ognuno di essi ha il suo *fuoco* nel fuoco della lente centrale. Il complesso di questi anelli e la lente centrale funzionano quindi come una sola lente. In questo modo si possono fabbricare senza difficoltà lenti, che in tal caso diconsi *anulari* o *a gradinata*, tanto ampie e precise ed in pari tempo tanto limpide quanto occorre per inviare la luce della lampada a più di 60 chilometri di distanza.

Per utilizzare anche i raggi di luce che non possono cadere sulla faccia piana della lente a gradinata, Fresnel dispose in giro ad essa altri anelli di vetro, a sezione prismatica, che raccolgono la luce anche dai raggi più obliqui e la dirigono nell'unico fascio di raggi paralleli.

Fig. 5. Sezione d'un anello catadiottrico.

L'unita figura 5 mostra l'andamento d'un raggio luminoso in uno di questi anelli supplementari, detti *anelli catadiottrici*. Seguiamo l'andamento d'un raggio di luce molto obliquo, F A, partito dal fuoco F, in cui è collocata la lampada; giunto in A, esso incontra la superficie dell'anello a sezione prismatica, gli angoli della quale sono calcolati in modo che il raggio rifratto A B subisce in B una riflessione totale, che lo rinvia nella direzione B C, e quindi emerge nella direzione C H parallelamente all'asse della lente.

Per adoperare utilmente le lenti a gradinata e gli anelli catadiottrici è mestieri che la luce parta tutta da una sola lampada collocata nel fuoco di quelle lenti. Per produrre con una sola lampada l'intensa luce necessaria per l'illuminazione d'un faro, si adoperano generalmente lampade Carcel, nelle quali l'olio ascende sino al lucignolo mercè un movimento d'orologeria. Questo lucignolo non è semplice come nelle lampade ordinarie, ma invece è multiplo di modo che produce vivissima fiamma e quindi luce fulgidissima.

(1) Giovanni Augusto Fresnel nacque a Broglie, dipartimento dell'Eure, in Francia, il 10 maggio 1788; morì nel 1827.

Questo lucignolo multiplo risulta dall' unione di più lucignoli concentrici che sono: due soltanto nei fari di terzo ordine, tre nei fari di secondo ordine, e quattro in quelli di primo ordine. In questi ultimi il lucignolo esterno ha circa 80 millimetri di diametro, mentre il lucignolo interno, che naturalmente è il minore, ha il diametro di 20 millimetri. Il lucignolo multiplo dei fari di primo ordine produce tanta luce quanta se ne otterrebbe da ventitre ordinarie lampade Carcel.

Presentemente si sta sperimentando da varie nazioni (1) l' applicazione d' una luce ben più fulgida, la luce elettrica (figura 6) sviluppata da

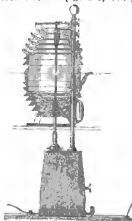



Fig. 6. Apparecchio elettrico a luce fissa per l' illuminazione d' un faro.

apparecchi elettro-magnetici, messi in movimento da una piccola macchina a vapore. Una macchina elettro-magnetica a sei dischi, ciascuno dei quali sia composto di sedici rocchetti, produce luce tanto viva quanto quella che si otterrebbe da 200 lucignoli Carcel. L'intensità luminosa del fascio emanato dall' apparecchio lenticolare rischiarato da codesta luce è paragonabile a quella di 5000 lucignoli Carcel (2).

Una luce tanto splendida riescirebbe vantaggiosissima alla navigazione, la portata ottica dei fari si accrescerebbe di molto, specialmente nei tempi di maggior pericolo, cioè in tempo di nebbia. Durante le più fitte nebbie, la luce elettrica sarebbe ancor visibile a distanze in cui la luce delle lampade dei fari sarebbe completamente mascherata. Aggiungasi, che la luce elettrica, che si sviluppa fra due carboni, come abbiam detto di volo in altra occasione (1) e come particolareggiatamente spiegheremo nel progresso di quest' opera, occupa piccolissimo spazio e quindi permetterebbe di diminuire notevolmente le dimensioni dell'apparecchio lenticolare che deve circondarla. Un faro francese di primo ordine, quello al capo *de la Heve* presso al porto dell'Hâvre, nel quale la luce elettrica occupa, fin dal 25 dicembre 1863, il posto delle lampade ad olio, ha ora un apparecchio lenticolare del diametro di soli 30 centimetri, mentre prima, quando spandea minor luce, richiedeva un apparecchio lenticolare del diametro di 1m 84. Aggiungi infine che l' unità luminosa costa molto meno con la luce elettrica anzichè con la luce che si ottiene dalle migliori lampade ad olio (2). E perchè dunque non vediamo scomparire dovunque l' illuminazione ad olio nei fari? Sono parecchie le cause che militano contro la adozione generale della luce elettrica per l' illuminazione dei fari. Per mettersi al coperto dal pericolo che l' illuminazione possa venir interrotta pei guasti dell'apparecchio elettro-magnetico, già per sè molto voluminoso, è mestieri provvederne due, e per lo stesso motivo convien disporre di due macchine a vapore e d' un vasto magazzeno per deposito di carbone. Ora molti fari, come ad esempio quelli di Eddystone e di Bell-Rock, sono costrutti sopra scogli isolati nei quali manca assolutamente lo spazio per contenere tutti quegli oggetti; il più lieve guasto negli apparecchi basta a renderli inservibili; sarebbe quindi imprudente il farne uso in luoghi isolati ove riusci-

(1) Un nuovo faro, attualmente in costruzione nel porto di Brindisi, verrà illuminato, in via d' esperimento, con la luce elettrica.

(2) Un lucignolo Carcel, che consuma 40 grammi d'olio di colza ad ogni ora, spande tanta luce quanta se ne otterrebbe da ottanta candele, ciascuna delle quali consumasse dieci grammi all' ora.

(1) Vedi parte I, pag. 328.

(2) Dal paragone fra due fari di primo ordine a luce fissa, l' uno illuminato ad olio, l' altro con la luce elettrica, risultò quanto segue: Le spese di primo impianto d' un faro ad olio furono di franchi 47,000, quelle del faro elettrico furono di franchi 42,500.

Le spese annuali di manutenzione furono di franchi 7860 per quello ad olio e di franchi 1?,130 pel faro elettrico. Entrambi rimasero accesi 3900 ore in un anno. Il fascio di luce emanato dal primo era paragonabile a 630, quello emanato dal secondo a 5400 becchi Carcel: per conseguenza l'unità di luce emanata dal faro ad olio costò 32 centesimi all'ora, mentre l'unità di luce emanata dal faro elettrico costò soltanto 47 millesimi, quasi il settimo dell' altra.

Nelle circostanze ordinarie, il faro ad olio era visibile alla distanza di 20 miglia marine, il faro elettrico a 28. In tempo di nebbia, il primo diveniva invisibile alla distanza di 10 miglia, mentre ciò non si verificava pel secondo che alla distanza di 13 miglia

rebbe impossibile, o per lo meno, assai difficile, provvedere coll' indispensabile sollecitudine alle necessarie riparazioni. Aggiungi poi che la spesa relativa, quella cioè del costo dell' unità di luce è bensì minore col nuovo sistema anzichè col vecchio, ma il costo assoluto dell' illuminazione d'un faro riesce molto maggiore quando si impieghi la luce elettrica, ed il confronto riesce ancor più sfavorevole alla luce elettrica quando lo si istituisca pel fari di lieve portata, che sono appunto i più numerosi. Tuttavia è permesso sperare che in epoca non remota gli apparecchi possano venir perfezionati in modo da renderli più sicuri e nel tempo stesso più economici.

Il problema dell' illuminazione delle coste non si limita alla sola produzione d'un fascio di raggi paralleli distintamente visibili a grandi distanze, è pur necessario che il faro sia caratterizzato in modo che il confonderlo con altri riesca impossibile; abbiam detto che ciò si ottiene dividendo i fuochi in fissi, variabili, ecc. Vedremo ora in qual modo si raggiunge questo scopo.

In tutti questi casi la luce, tanto se è prodotta dall' elettricità quanto se è ottenuta da lampade Carcel a lucignolo semplice o multiplo, viene completamente circondata dall' apparecchio lenticolare.

Quando si vuol ottenere una luce fissa (fig. 8),

Fig. 7. Apparecchio di primo ordine con eclissi ad ogni 20 secondi e splendori bianchi alternati coi rossi

Fig. 8. Apparecchio di primo ordine a luce fissa.

Fig. 9. Apparecchio di primo ordine con eclissi di minuto in minuto.

si dà all' apparecchio lenticolare la forma d' un tamburo anulare, generato dalla rivoluzione del profilo passante pel centro d' una lente anulare semplice, intorno ad una retta verticale innalzata sull' asse principale di questo profilo. Volendo avere all' incontro una luce ad eclissi (figura 9), il tamburo che circonda la lampada dev'essere prismatico ottangolare; le facce di questo prisma sono altrettante lenti a gradinata. In tal caso tutto il tamburo dev' essere animato di movimento rotatorio intorno al proprio asse. Con tale disposizione, l' apparecchio emana otto fasci luminosi, ciascuno dei quali illumina successivamente tutti i punti dell' orizzonte. L' eclisse ha luogo nell' intervallo che corre fra il passaggio di due successivi fasci di luce, sopra uno stesso punto dell' orizzonte. La durata di quest' eclisse dipende evidentemente dalla velocità del moto rotatorio del tamburo. Se il tamburo impiega ad esempio otto minuti per compiere un' intiera rivoluzione, si scorgerà la luce ad ogni minuto; se il tempo impiegato dal tamburo fosse di quattro minuti, si scorgerebbe la luce ad ogni mezzo minuto e così via.

I fuochi fissi alternati con splendori si ottengono producendo il fuoco fisso mediante un tamburo anulare simile al già descritto e facendo girare intorno ad esso una lente a gradinata. Questa con-

centra, in un fascio di raggi paralleli, la luce già riunita in un pennello dal tamburo anulare, perciò ad ogni rivoluzione della lente a gradinata ogni punto dell'orizzonte è successivamente illuminato da un lampo di luce più viva di quella prodotta, in modo continuo, dal fuoco fisso.

Per ottenere fuochi colorati, ad esempio verdi o rossi, si applica, quando il fuoco è fisso, un tubo di vetro del colore che si desidera intorno alla fiamma della lampada; se all'incontro si tratta d'un fuoco ad eclissi (fig. 7), si applicano lastre piane di vetro colorato sulla faccia interna delle lenti a gradinata che devono produrre i lampi di luce colorata.

L'ordine dei fari varia secondo le dimensioni dell'apparecchio lenticolare; i fari del Regno d'Italia sono divisi in sei ordini. Diconsi di *primo ordine* quando l'inviluppo lenticolare ha il diametro interno di m. 1,84. Sono detti di *secondo ordine* quando quell'inviluppo ha il diametro interno di m. 1,40; di *terzo ordine* quando detto diametro misura un metro; di *quarto ordine* quando esso misura 50 centimetri; di *quinto ordine* quando 375 millimetri, e finalmente di *sesto ordine* quando il diametro interno dell'inviluppo lenticolare misura 30 centimetri (1).

V.

Fari antichi e fari moderni, forme artistiche e forme razionali. — Altezza dei fari. — L'interno della torre; il recinto dell'apparecchio lenticolare; le lastre di vetro e gli uccelli marini.

Dopo aver descritta la parte più importante d'un

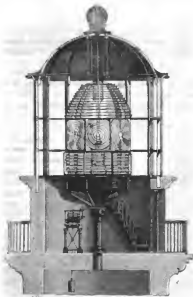



Fig. 10. Sezione della parte superiore d'un faro di primo ordine.

faro ci sia permesso spendere qualche parola intorno all'edificio. Molti fari costrutti negli scorsi secoli possono dirsi veri monumenti artistici, ricchi d'ornamenti; i fari moderni presentano invece forme semplicissime, scevre d'ornamenti, ma razionali; una distribuzione interna ben studiata nei suoi più minuti particolari, la massima stabilità, e costruzione accuratissima.

L'altezza dei fari varia a seconda del luogo in cui vengono eretti, ma in generale devono essere molto alti, affinchè sia possibile scorgere a grandi distanze l'amica luce ch'essi diffondono. Alcuni fari son costrutti sul fianco od in vetta d'una montagna, ed in tal caso basta che l'edificio abbia altezza sufficiente perchè la lampada non si trovi nascosta dagli alberi o da altri oggetti circostanti e non possa venir danneggiata dai malviventi. Ad ogni modo la lampada d'un faro di primo ordine deve trovarsi almeno a 45 metri al

(1) I fari e fanali delle coste d'Italia al 1.° gennaio 1868 sommavano a 177. Fra questi se ne contano sedici di primo ordine, accesi a Capo delle Mele (riviera di ponente), Genova, Isola di Capri, Capo Palinuro (in progetto), Capo Colonna (idem), Capo Spartivento (Calabria), Capo Santa Maria di Leuca, Bari, Vieste, Asinara, Tavolara, Capo Bella Vista, Cavoli, Capo Sandalo, Marittimo, Cozzo Spadaro; — dieci di secondo ordine, a Livorno, Palmaiola, Isola del Giglio, Civitavecchia, Isola di Ponza, Ancona, Capo Caccia, Razzoli, Capo Spartivento (Sardegna), Capo Granitola; — sedici di terzo ordine, a Tino, Fiumara Grande, Capo d'Anzio, Monte Circello, Capo Miseno, Napoli, Capo San Vito, Gallipoli, Brindisi, Capo della Testa, Capo San Vito (Sicilia), Levanzo, Punta Sottile, Monte Rossello, Capo Scalambra, Capo Murro di Porco; — quarantasei di quarto ordine; — ventitrè di quinto ordine. Gli altri 66 sono di sesto ordine o semplici fanali.

disopra del livello dell'alta marea (1), in tal caso la sua luce può essere veduta fino alla distanza di 30 chilometri; coll'aumentare dell'altezza aumenta pure la distanza dalla quale può essere scorta la sommità del faro e quindi la luce prodotta dalla lampada che in esso è collocata.

Generalmente le torri dei fari sono cilindriche internamente, una scala a chiocciola conduce dal piede alla sommità della torre. Se imprendiamo questa salita, vedremo successivamente parecchie stanzucce praticate nella torre, sovrapposte l'una all'altra. Al piano inferiore troveremo il magazzeno per la legna ed i cordami; poi, salendo, il deposito per l'olio destinato all'alimentazione della lampada ed un serbatoio d'acqua da bere pel guardiani: più sopra ancora troveremo una cucina ed una dispensa, poi una stanza destinata all'ingegnere che di tempo in tempo viene ad ispezionare il servizio del faro. Finalmente a forza di salire siam giunti al termine della scala a chiocciola di pietra; troviamo un pianerottolo per pigliar fiato. Saliti quindi i pochi gradini d'una scaletta in ferro arriviamo all'apparecchio lenticolare circondato da invetriate e sormontato da una cupola di metallo (fig. 10). Quelle invetriate sono formate con lastre grosse non meno di otto millimetri, spessore indispensabile per garantirle dalla rottura. Di che genere di rotture si può temere a quelle altezze? nessun monello, per quanto abile, potrebbe lanciare un sasso a quell'altezza; ma non ci sono soltanto i monelli; ci sono gli uccelli, i grossi uccelli di mare, che attratti dall'intenso chiarore prodotto dalla lampada vorrebbero precipitarsi sovr'essa ed urtano quindi quei vetri colle zampe e col becco.

VI.

Il faro di Eddystone in Cornovaglia. — Eccentricità, ardimento, trionfo passeggero, trista fine di Winstanley e del suo faro. — Nuovo faro costrutto in legname da Rudyard, incenerito dalla folgore. — Faro di granito costrutto da Smeaton. — Il filantropo Philipps ed il faro di Smalls; munificenza della *Trinity-House*. — Fari di Bell-Rock e di Skerryvore.

Nella storia dei fari occupa il primo posto quello di Eddystone, sulla costa di Cornovaglia in Inghilterra, costrutto sopra uno scoglio dei più pericolosi a poca distanza dall'imboccatura del porto di Plymouth. Già da gran tempo era sentito il bisogno di erigere un faro su quello scoglio che aveva costato la vita a migliaia di marinai e la perdita d'un gran numero di bastimenti, ma sem-

(1) Un faro può scomparire alla vista per due cause: quando i raggi che trasmette sono troppo deboli per poter essere veduti in distanza o quando la sfericità della Terra impedisce che quei raggi possano giungere all'occhio dell'osservatore. Affinchè l'apparecchio produca tutto il suo effetto, è necessario che la portata geometrica sia eguale alla portata ottica. La portata geometrica si ha nella somma delle due tangenti condotte sulla superficie del mare, l'una dalla sommità della torre, l'altra dal punto in cui si trova l'occhio dell'osservatore.

La formula per calcolare la lunghezza della tangente condotta sulla superficie della Terra, partendo da un punto posto a data altezza, o reciprocamente l'altezza alla quale dev'essere posto il punto di partenza della tangente perchè questa abbia una data lunghezza, è la seguente:

$$D = \sqrt{\frac{2\,R\,H}{0,\,84}}$$

ove D è la lunghezza della tangente, H è l'altezza, sul livello del mare, del punto di partenza della tangente, o in altri termini l'altezza della torre, R il raggio della Terra.

La portata ottica dei fari è la seguente:

		Portata in miglia	Portata in metri
Fari di 1.° ordine	luce fissa	20	37020
	» girante	33	61083
» » 2.° »	luce fissa	17	31467
	» girante	26	48126
» » 3.° »	luce fissa	15	27765
	» girante	20	37020
» » 4.° »	luce fissa	13	24063
	» girante	17	31467
» » 5.° »	luce fissa	10	18510
	» girante	15	27765
» » 6.° »		9	16659

Quando la disposizione del suolo obbliga a portare la luce del faro ad altezza maggiore di quella stabilita dal calcolo, si dà ai raggi luminosi una direzione discendente, affinchè possano riescire visibili anche a poca distanza dal faro.

(*Giornale del Genio Civile. Anno* 1865).

hrava pazza l'idea di erigere un faro in condizioni tanto difficili quaoto sono queiie che si presentano ad Eddystooe. I più ardimentosi non osavano cimentarsi a tale impresa. Lo scogiio di Eddystone, di snperficie assai piccola, continuamente sbattuto da onde tempestose, è distante ben otto chilometri daiia costa più prossima; tutti i materiali necessari alla costruzione dei faro non potevano qnindi giungere aiio scoglio che per mezzo di harche. Agginngasi poi che l'enorme altezza a cui sollevansi le onde sn queiio scogiio, anche quando il mare è appena agitato, non permetteva di lavorarvi che in quei pochissimi giorni deli'anno in cui il mare rimane perfettamente tranquilio.

Un ricco negoziante inglese, Enrico Wistanley, spirito eccentrico quant' altri mai, si mise in mente di sfidare gli uragani innaizando nn faro su quei terribiie scoglio. Non vaisero a dissuadernelo le preghiere degli amici e dei parenti che pressgivano la triste fine che gli sarebbe toccata. Wistaoiey rimase fermo nei suo proponimento. Nel 1696 egil si pose coraggiosamente ail'opera, da tntti creduta impossibile, e che, grazie aila sua tenacità, ginnse a termine felicemente nei 1698. Wistaniey, superbo d'aver raggiunto lo scopo prefissosi, sfidava le tempeste dall'alto delia sua torre e con voce tonante ie invocava a scatenarsi per mettere aila prova la sna opera. Le tempeste non si fecero pregare a luogo. Era ii 26 novembre 1703. Wistaniey trovavasi nelia torre per dirigere alcnni ristauri; nn vioiento uregano scatenatosi durante ia notte inghiottì tutto, la torre, ii suo artefice ed i suoi garzoni. Sì trista fioe avrebbe dissuaso chiunque a ritentare la prova, ma la perseveranza ingiese non si infiacchisce sì facilmente. La mancanza d'una lanterna sugii scogli di Eddystone fu tosto cagione d'una grave disgrazia: poco dopo la scomparsa dei faro eretto dall'audace Wistaniey, un grosso bastimento da guerra, il *Winchilsea*, nanfragò contro quegli scogli; la maggior parte deii'equipaggio perì miseramente. Nei 1706 sorgeva nn nuovo faro suilo scoglio di Eddystone per merito d'un aitro negozianto inglese chiamato Rudyard. Qnesta costruzione fn più solida della precedente poichè le tempeste la rispettarono per hen 39 anni, ed avrebbe resistito chi sa quanto se un fuimine non fosse cadnto su queila torre ii 1.° novembre 1755.

Fig. 11. Il faro di Eddystoue.

Queiia torre, in gran parte di legno, scomparve in poche ore, non lasciando di sè altra traccia che un mucchio di ceneri.

I concessionarii del faro, ai quaii non conveniva di rinunciare ai forti diritti di lanternaggio che da esso ritraevano, voiiero riedificario ben presto. Per non veder distrutta l'opera di li a poco tempo, si rivolsero ai più abile iogegnere deii'epoca, Smeaton, per merito del qnale si innaizò snllo scoglio di Eddystone il faro di granito che anco al presente illnmina l'accesso dei porto di Plymonth. Smeaton coiiocò ia prima pietra del suo faro il 15 giugno 1757; l'nitima fu coiiocata il 24 agosto 1759. L'apparecchio iliuminante incominciò a funzionare il 16 ottobre deiio stesso aono. La torre ha ottantaqnattro piedi ingiesi d'aitezza, veotisette piedi di diametro aila base, e diciano ve piedi di diametro in sommità. Tutte ie pietre di quest'importantissima costruzlooe sono fra loro nnite a coda di rondine e formano qnindi un solo masso resistente; condizione indispensabile per ia sua esistenza, poichè non è infreqnente ii caso in cni l'edificio tutto quanto (fig. 11) sembra scomparire sotto ai marosi che sorpassano persino la lanterna.

La figura 12 vi mostra un altro faro pittoresco della Cornovaglia, quello eretto sopra uno scoglio nel bel mezzo della baia di San Giusto.

Avendo parlato del faro di Eddystone, frettolosamente ricostrutto dal concessionarii per amor di guadagno, ci corre pur obbligo di accennare alla costruzione d'altro faro inglese non meno importante, quello di Smalls, eretto da un disinteressato filantropo, per nome Philipps «*in servigio del genere umano.*» Filantropica azione che fruttò poscia, sessant'anni dopo, una somma non indifferente agli eredi (4,250,000 franchi) quando questi, come tutti gli altri concessionarii di fari, dovettero rinunciare tutti i loro diritti nelle mani della *Trinity-House.*

Smalls è uno scoglio, continuamente sbattuto da onde burrascose, presso Milford nel canale di San Giorgio; fu su questo scoglio che Philipps fece erigere a sue spese, sotto la direzione dell'ingegnere Whiteside (1772-1775) il faro in legno che scorgete a destra nello scompartimento centrale della fig. 2 a pag. 5. L'alta torre in muratura che gli sta accanto fu costrutta nel 1861 dai signori Walker e Douglas, ai quali devonsi quasi tutti i nuovi fari inglesi. Il confronto fra queste due costruzioni permette di valutare i progressi realizzati nel periodo di tempo trascorso tra le due epoche. Allora le innumerevoli lampade a riverbero; oggi, l'unica lampada cinta da potentissime lenti.

Fig. 12. Faro della baia di San Giusto, in Cornovaglia.

La Scozia va superba dei fari di Bell-Rock (eretto dal 1807 al 1811) e di Skerryvore (innalzato dal 1838 al 1844) costrutti entrambi sopra scogli quasi inaccessibili per merito di Roberto ed Allan Stephenson: quello figlio, questi nipote del celebre Giorgio Stephenson inventore della locomotiva tubulare, del quale non mancheremo di parlarvi a suo tempo.

VII.

Faro di Cordouan. — Fari di Livorno, Genova, Ancona e Salvore. — Fari eretti sull'arena, i fari di *Meloria* e Monte Cristo. — Fari in ferro. — Faro costrutto a Parigi e trasportato agli antipodi.

Il faro più importante, innalzato sulle coste francesi, è quello, già menzionato, di Cordouan, alla foce della Garonna. Questo faro si erge sopra uno scoglio che rimane intieramente coperto dalle onde durante l'alta marea: fu incominciato nel 1584 e condotto a termine (allora esso misurava circa 37 metri) nel 1610. Quando sul cadere dello scorso secolo si introdusse un primo perfezionamento nell'illuminazione dei fari, si riconobbe nel tempo stesso la necessità di portare i lumi a maggior altezza allo scopo di renderli visibili a maggior distanza; per tal motivo fu aggiunta una nuova torre a quella già esistente, e la costruzione assunse il maestoso aspetto che vedrete delineato nella figura 15. La lampada trovasi ora a 63 metri sopra il suolo dell'isola ed a 59 metri sopra il livello dell'alta marea.

Uno dei più antichi fari d'Italia è quello posto

sopra un banco di scogli a fior d'acqua, in faccia all'attuale porto di Livorno. Questo faro fu eretto nel 1303 dalla repubblica di Pisa, per agevolare ai naviganti l'ingresso nel porto Pisano.

Nel 1326 Genova illuminò la sommità di due torri che dominavano il porto, l'una sul molo vecchio, l'altra sull'estremità del promontorio di San Benigno. Questa torre detta di *Capo di Faro*, cinta da fortificazioni, ebbe parte non indifferente nelle guerre genovesi. Nel 1512 essa era caduta in mano dei Francesi; cinta d'assedio dai cittadini, fu da questi espugnata e demolita. Nel 1543 fu ricostrutta dai padri del Comune, nella forma che dura tuttavia. Questa torre di forma quadrata, è, nel suo genere, fra le più alte, poichè dal piede alla sommità della cupola misura 76 metri; l'altezza dello scoglio sul quale è edificata è di metri 42,50 sul livello del mare, e quindi la sommità della cupola trovasi a metri 118,50 sul detto livello. Il piano focale dell'apparecchio diottrico di primo ordine che essa contiene, trovasi a metri 114 sul livello del mare; quando l'aria è limpida, la luce dell'apparecchio è visibile a 55 chilometri di distanza.

Il faro di Ancona, posto in capo al molo che forma la sicurezza di quell'ancoraggio, fu eretto nel 1734, per volere di papa Clemente XII.

Il faro di Salvore, posto sulla punta più sporgente in mare del capo Salvore, che è il più occidentale della penisola d'Istria, alto metri 33,50 sul livello del mare, fu eretto nel 1820 dai negozianti di Trieste.

Il lettore avrà potuto, da quel poco che abbiam detto più sopra, rendersi conto delle immense difficoltà che devonsi superare quando si vuol innalzare un faro sopra uno scoglio isolato, di piccola superficie, lontano dalla costa, ricoperto il più delle volte da onde burrascose; difficoltà d'altro genere, ma non minori, si hanno a vincere per stabilire fari sopra banchi di sabbia che vogliono essere evitati dai naviganti, non meno degli scogli più pericolosi.

Fabbricare sull'arena sembrava in passato cosa talmente impossibile che nel linguaggio comune si adopera la frase *fabbricar sull'arena*, per indicare una fabbrica condannata a crollare prima di giungere a compimento. La scienza moderna, che sembra quasi far scomparire dal dizionario la parola *impossibile*, ha trovato anche il modo di fabbricare sull'arena; ora gli ingegneri sanno erigere fari persino sulle sabbie più mobili. In luogo di adoperare la pietra, adoperano il ferro; in luogo d'una platea di muratura che sprofonderebbe nella sabbia pel peso proprio e della costruzione sovrapposta, impiegano lunghi pali di ferro che vengono infissi verticalmente nel mobile suolo dei banchi di sabbia; questi pali terminano inferiormente con una vite pronunciatissima che agevola la loro infissione nella sabbia. Su questi pali si costruisce poi la torre, che racchiude il faro e le abitazioni dei guardiani (1).

Le costruzioni in ferro non presentano gli stessi vantaggi delle costruzioni in pietra; il ferro si dilata o si restringe, a seconda del caso, in modo sensibile per le variazioni di temperatura; quando trovasi esposto all'aria marina, ossida rapidamente; perciò le opere in ferro hanno durata molto minore di quelle in pietra, esigono forti spese di manutenzione e richiedono un'accurata sorveglianza. Sonvi tuttavia alcuni casi nei quali conviene pur ricorrere al ferro, impiegandolo esclusivamente nella costruzione dei fari. All'Esposizione universale del 1867 ammiravasi da tutti un faro interamente composto di lamiera di ferro (fig. 16) che, ad esposizione finita, fu smontato pezzo per pezzo e trasportato alle Roches-Douvres, isolotto a fior d'acqua, situato in alto mare nel Canale della Manica, fra l'isola di Brebat e quella di Guernesey, a circa cinquanta chilometri dalla costa francese. Si dovette ricorrere alla costruzione in ferro in causa della veemenza che in quel punto presentano le correnti marine; queste non avrebbero permesso ai bastimenti di stazionare dappresso all'isolotto tutto il tempo necessario allo scarico delle enormi quantità di pietre, che altrimenti sarebbe stato mestieri impiegare. Dalla base alla piattaforma superiore, questo faro misura 48^m 30. Il piano della lampada è alto 52^m 15, la punta del parafulmine che sormonta questa massa metallica è alta, sulla base, 56^m 40. Il diametro del cerchio

(1) I fari che si ergono sul banco della *Meloria* a poca distanza dal porto di Livorno, quello sulle secche di Vada e l'altro sull'isolotto detto la *formica di Monte Cristo*, nell'arcipelago toscano, sono costrutti tutti e tre con questo sistema, detto sistema *Mitchell*, perchè l'ingegnere inglese Alessandro Mitchell ne fu l'inventore. Questi prese un brevetto per codesta sua invensione fino dal 1833.

Il sistema in discorso può essere impiegato vantaggiosamente anche per fondazioni di costruzioni terrestri. Chi amasse ulteriori particolari su quest'argomento potrà trovarli nel *Giornale del Genio Civile* che descrive minutamente nella parte non ufficiale del 1865 (anno III, pag. 455) le opere di fondazione, eseguite con tale sistema pel ponte sul torrente Bormida presso a Rivalta d'Acqui, e nella parte non ufficiale del 1868 (anno VI, pag. 2) descrive le più essenziali particolarità del citato faro stabilito sulle secche della Meloria, dal quale non differiscono per alcuna specialità meritevole di osservazione gli altri due fari, di Vada e di Monte Cristo.

inscritto alla base del faro è di $11^m 10$, il diametro del cerchio inscritto in sommità è di 4 metri. L'ossatura del faro è formata da sedici tubi, sovrapposti ed inchiodati l'uno sull'altro; ciascuno di questi tubi è formato da quattordici quadri di lamiera di ferro del pari inchiodati l'uno sull'altro in guisa da formare un solo sistema rinforzato internamente mediante ferri a *T*. Questo sistema di costruzione rese possibile l'erezione, in paese selvaggio, alla Nuova Caledonia, ai nostri antipodi, d'un faro identico a quello che figurava all'esposizione di Parigi. Questo faro, costrutto pezzo a pezzo a Parigi, fu poi trasportato in quelle remote contrade. Tutto essendo predisposto, non restava altro a fare che inchiodare l'uno sull'altro i singoli pezzi, operazione che potè compiersi in brevissimo tempo; il faro della Nuova Caledonia fu inaugurato solennemente il 15 novembre 1865.

VIII.

Le sabbie di Goodwin ed un padron di barca intelligente. — Il progettista David Avery e il primo faro galleggiante. — Opposizione della *Trinity-House*. — I *light-vessel*. — Vero coraggio. — Dura vita a bordo dei fari galleggianti, l'amore alla lettura.

Alcuni punti delle coste d'un paese rendono realmente impossibile la costruzione di fari sì in muratura come in ferro, eppure è necessario avvertire i naviganti dei gravi pericoli che incontrerebbero avvicinandosi a quelle coste. Le frastagliate coste dell'Inghilterra presentano non pochi punti pericolosissimi nei quali sarebbe impossibile l'erezione di fari. Citansi in particolare quelle coste della contea di Kent che sono chiamate sabbie di Goodwin, rese pur troppo celebri per la triste fama di ingoiare le navi. Si pensò più volte di erigervi un faro, ma altrettante convenne rinunciarvi per le speciali condizioni del luogo. Un padron di barca per nome Hamblin, che occupavasi di trasporti di carbon fossile lungo quelle coste, deplorava più d'ogni altro l'assenza d'un faro; il caso lo mise in relazione con un progettista povero, ma molto intraprendente, David Avery. Questi, udito di che si trattava, pensò di trar partito da quello stato di cose. D'accordo con Hamblin, ei stabilì a Nore (alla foce del Tamigi) una lanterna galleggiante, a bordo d'una nave, dopo di che entrambi si credettero autorizzati ad imporre una tassa ai naviganti, per sopperire alle spese di quel faro di nuovo genere.

Quest'ultima circostanza fu considerata dalla *Trinity-House* come una grave infrazione a' suoi privilegi, tanto più grave inquantochè la nave-lanterna, *light-vessel*, riesciva efficace ed era appoggiata dalla navigazione. L'ardito Avery non si curò dei reclami della *Trinity-House* ed annunciò anzi pubblicamente la sua intenzione di stabilire un altro *light-vessel* nelle acque delle isole Scilly. I membri della *Trinity-House*, gelosi del loro privilegi, sporsero querela dinanzi ai lordi dell'Ammiragliato, i quali non poterono o non vollero agire. Quella corporazione, non dandosi per vinta, si rivolse al re dimostrandogli come fosse illegale il procedere d'un privato che imponeva tasse sulla marina mercantile. La causa fu vinta dalla *Trinity-House*, che al 4 maggio 1732 ottenne un decreto che proibiva di mantenere accesa la lanterna di Nore. Avery, vedendo sfumare le sue belle speranze di lauti guadagni, per non perder tutto, venne a trattative colla corporazione, reclamò 2000 sterline (50,000 franchi) ch'egli asseriva aver spese effettivamente. La *Trinity-House*, a titolo di transazione, avocando a sè alla perpetuità il brevetto e la proprietà del *light-vessel*, concedette al progettista il diritto di esigere dai naviganti la tassa di lanternaggio pel periodo di sessant'un anni, verso il canone annuo di 100 sterline.

Da allora la *Trinity-House*, pienamente padrona del campo, stabilì numerosi *light-vessel* sulle coste inglesi.

I *light-vessel* non servono soltanto ad indicare la presenza di banchi di sabbia, ma si impiegano pure a prevenire i naviganti contro i pericoli di correnti, di vortici sottomarini, di scogli a fior d'acqua.

Vedendo di giorno un *light-vessel* in distanza lo scambiereste facilmente con un bastimento ordinario; esaminandolo però attentamente vi accorgereste del divario. Il faro natante galleggia ma non si muove, la sua alberatura, corta e robusta, è priva di vele. Mentre gli altri bastimenti rap-

presentano il movimento, questo rappresenta l'immobilità. Agli altri bastimenti si fa l'augurio che sieno sensibili al vento ed alle onde; al *light-vessel* bisogna invece augurare la massima insensibilità affinchè possa resistere a lungo contro gli elementi.

Fig. 13. Città e faro di Genova.

Un *light-vessel* che, spinto dalla tempesta, si mettesse in movimento, potrebbe produrre le più funeste conseguenze; sarebbe un fuoco errante che, in luogo di giovare ai piloti, li indurrebbe in gravissimo errore.

La forma di queste navi non è punto arbitraria

Fig. 14. Il faro di Livorno.

ma è studiata in modo che esse possano mantenersi immobili, o poco meno, anche durante l'imperversare degli uragani; per meglio raggiungere lo scopo, il faro natante è tenuto prigioniero mediante ancore e lunghe catene in ferro che misurano persino 500 metri di lunghezza. Furono rarissimi i casi di rottura di queste catene, e fino ad ora non vi ha esempio di naufragio d'un *light-*

vessel. Quando però il *light-vessel*, sospinto dalla forza irresistibile degli elementi, deve abbandonare il posto, il capitano fa inalberare un segnale rosso e fa tuonare il cannone d'allarme. Grazie a questi segnali, la notizia del pericolo giunge ben presto al punto più vicino della costa, dal quale viene trasmessa, mercè il rapidissimo veicolo del telegrafo elettrico, fino al quartiere generale del distretto. Colà staziona sempre un faro natante di riserva, che, rimorchiato da un battello a vapore, va ad occupare il posto forzatamente abbandonato dall' altro *light-vessel*, mentre questi, rimorchiato alla sua volta dallo stesso battello a vapore, rientra in porto per riparare le sofferte avarie. Ciò non pertanto bisogna pur convenire che l' esistenza a bordo d' un *light-vessel* non è delle più sicure, e convien proclamare altamente il coraggio di quei generosi che vivono tutto l'anno in mezzo al pericolo a vantaggio dei loro simili; coraggio di gran lunga superiore a quello del soldato che nel calor della mischia espone la sua vita sui campi di battaglia. — Quando non c'è pericolo c'è invece la più pesante monotonia; si ha sempre sott'occhio lo stesso orizzonte, la stessa scena, le stesse onde bianche di spuma; l' acuto sibilo del vento introna continuamente l'orecchio...

Fig. 15. Faro di Cordouan.

Fig. 16. Il faro metallico di Roches-Douvres.

non tutti saprebbero durare a lungo a questo modo! A bordo d'ogni *light-vessel* c'è sempre una piccola biblioteca; i libri che la compongono passano successivamente per le mani di tutti, o per meglio dire di quanti sanno leggere e gustano la lettura; quelli che non conoscono questo piacere e devono pur vivere a quella guisa segregati dall'umana società sono ben da compiangere! Non è però infrequente il caso di marinai che, imbarcatisi ignoranti a bordo d'un *light-vessel*, impararono in breve a leggere ed a scrivere, grazie alle lezioni dei compagni o del capitano.

— L'equipaggio dei *light-vessel* inglesi (che presentemente sommano a quarantasette, senza contare le navi di riserva) si compone d'un capitano, *master*, d'un secondo, *mate*, e di nove marinai. In generale però non rimangono a bordo tutti nove; a tre a tre scendono a terra per rimanervi alcuni giorni, il che giova ad attenuare la monotonia della loro esistenza.

Altre nazioni seguirono l'esempio degli inglesi, e presentemente molte coste pericolose sono segnalate a quel modo in Francia, agli Stati Uniti d'America ed altrove.

IX.

SEGNALI MARITTIMI.

Le nebbie ed i segnali acustici. — Il telefono del capitano Taylor. — L'esposizione di Parigi del 1867 ed il telefono a vapore. — Come il vapore produce acutissimo fischio. — Galleggianti a campana.

Le nebbie non sono pel navigante meno pericolose delle procelle, poichè non solo gli tolgono di vista gli scogli ed i banchi di sabbia contro i quali potrebbe naufragare la nave, ma gli impediscono pure di scorgere la benefica luce dei fari. Per tal motivo convenne supplirvi mediante *segnali acustici*, ossia mediante apparecchi speciali atti a produrre suoni ben distinti che possano essere uditi a qualche distanza, ad onta del rumoreggiar delle onde e del sibilare dei venti. In passato adoperavansi a tale scopo le campane, le trombe, i timpani; ora questi strumenti sono riconosciuti insufficienti ed altri se ne idearono, ben più potenti, detti *telefoni* (che grecamente significa, suoni lontani). Tale è quello ideato dal capitano inglese John Taylor, che con tutta comodità può essere adoperato tanto sulla costa quanto a bordo dei bastimenti. Il telefono Taylor, si compone d'una cassa (fig. 24) racchiudente un mantice: questo viene messo in movimento girando un manubrio. L'aria compressa esce dal mantice, penetra con forza in una tromba speciale, e ne esce poi con gran fragore; un tasto che viene manovrato a mano, regola l'uscita dell'aria dalla tromba. Per tal modo si possono ottenere suoni più o meno prolungati; colla loro opportuna combinazione riesce facile stabilire un linguaggio convenzionale. All'Esposizione universale di Parigi, del 1867, figurava un telefono ancor più potente, il cui acutissimo suono non verrà mai dimenticato da quanti lo udirono e ne ebbero intronate le orecchie. Codesto nuovo telefono riproduce, in dimensioni ben maggiori, l'apparecchio che, applicato alle locomotive o ad altre macchine a vapore, manda quel suono acuto e stridente tanto conosciuto da coloro che viaggiano in ferrovia o sui battelli a vapore. Il vapor acqueo sviluppato nella caldaia, esce per una stretta apertura circolare sulla quale è sospesa una campana metallica colle labbra molto acute. Il getto di vapore che esce con forza da quell'apertura, urta le labbra della campana e la fa vibrare; la vibrazione continua per tutto il tempo in cui il vapore continua ad escire dalla caldaia. Per tal modo si ottiene un suono tanto più distinto quanto più è grande l'apparecchio; suono che può continuarsi indefinitamente, può essere interrotto e può ricominciare a piacimento, può essere ora forte ed ora debole, bastando all'uopo manovrare un rubinetto che chiude totalmente o parzialmente l'adito al vapore irrompente dalla caldaia.

Il navigante che in tempo di nebbia ode a determinati intervalli l'acuto fischio di quest'apparecchio od il fragore d'altro telefono, comprende che l'avanzarsi potrebbe riescirgli funesto per la vicinanza della costa, la cui vista gli è negata dalla nebbia; arresta perciò il suo bastimento od almeno si avanza con tutta cautela.

La presenza di scogli o di banchi di sabbia isolati ed a fior d'acqua è segnalata al navigante, anche in tempo di nebbia, mercè una barca ancorata e mantenuta prigioniera accanto a quei punti pericolosi (fig. 23). Un apposito castello sorregge una sonora campana che, mercè il continuo moto ondulatorio della barca, suona continuamente, avvertendo il nocchiero che si tenga lontano da quei luoghi pericolosi.

X.

La meteorologia e la navigazione: osservazioni meteorologiche internazionali. — Pronostici a certo periodo. — Segnali diurni e notturni per notificare ai naviganti l'approssimarsi e la probabile direzione delle tempeste.

Abbiam già avuta occasione (parte I, pag. 78) di accennarvi il vantaggio che il navigante ricava dalle osservazioni meteorologiche che giornalmente ed a più riprese si eseguiscono nelle città più importanti dell'Europa civile; abbiam pur detto che, mercè il telegrafo, queste notizie vengono trasmesse giornalmente con la rapidità del lampo da un capo all'altro d'Europa, affinchè

SEGNALI DI SALVAMENTO.

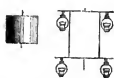



Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Fig. 20. Fig. 21.

Fig. 17. Tempesta, con direzione probabile da Ponente Maestro per Tramontana a Scirocco Levante. — Fig. 18. Tempesta, con direzione probabile da Scirocco Levante per Ostro a Ponente Maestro. — Fig. 19. Tempesta, probabilmente, in diverse direzioni susseguentisi. Fig. 20. Gravissima tempesta; da principio, probabilmente, in direzione boreale da Ponente Maestro per Tramontana a Scirocco Levante. Fig. 21. Gravissima tempesta; da principio, probabilmente, in direzione australe da Scirocco Levante per Ostro a Ponente Maestro.

possano giovare a stabilire ragionevoli pronostici sulle più prossime vicende atmosferiche, a beneficio della navigazione. Se, ad esempio, gli osservatorii meteorologici del settentrione annunciano concordi che un vento impetuoso discende dalle regioni polari verso il mezzodì, i principali porti scaglionati lungo la costa che verrà visitata da quel vento impetuoso, potranno esserne avvertiti molte ore prima. I porti più meridionali saranno informati dell'approssimarsi della bufera, persino due o tre giorni prima che il vento incominci a farsi sentire nelle loro acque; e quindi si potrà render noto ai naviganti se conviene partire tosto ovvero differire di qualche giorno la partenza; si può persino avvertire dell'approssimarsi del pericolo il nocchiero che veleggia a vista della costa. E come, direte voi, si può riescirvi? Bisognerà forse dirigere un'imbarcazione dalla costa a tutti i bastimenti che appena spuntano sull'orizzonte, per inviare separatamente a ciascuno di essi la notizia dell'approssimarsi d'una bufera? Bisognerà invitarli ad uno ad uno a ripararsi entro al porto più prossimo? No certamente; questo sistema non sarebbe praticamente attuabile. Si adottò invece

un sistema assai più pratico, un sistema di segnali semplicissimi. Questi segnali furono stabiliti in base a convenzioni stipulate fra le varie nazioni marittime. Per tal modo il navigante italiano può, anche senza conoscere una parola di inglese, comprendere i segnali che vengono dati dagli uffici marittimi sulle coste inglesi; un navigante russo può giovarsi dei segnali ch' ei scorge sulle coste francesi; e così via.

Sopra un punto della costa, che possa essere chiaramente veduto anche dai bastimenti che navigano in alto mare, è piantata un'asta; su questa si innalza ora un triangolo, ora un quadrato (fig. 17 e 19), a seconda dei casi: il primo può avere la punta rivolta all'insù od all'ingiù, può essere solo od associato al quadrato (fig. 21). L'apparenza del triangolo è prodotta, di giorno, da un cono di legno o d'altra sostanza, dipinto in nero. Attesa la struttura del cono, qualunque sia il punto del mare dal quale lo si contempli,

Fig. 22. Light-vessel (faro galleggiante inglese).

quel cono produce sempre la figura d'un triangolo; di notte, si accendono tre fanali disposti nei vertici d'un triangolo (fig. 17). L'apparenza del quadrato è prodotta, di giorno, da un cilindro, di materia qualsiasi, similmente dipinto in nero, che dal mare comparisce sempre sotto la forma d'un quadrato; di notte, il cilindro è sostituito da quattro fanali ciascuno dei quali occupa il vertice di un quadrato (fig. 19).

Questi pronostici (vedi le fig. 17 a 21) non sono certi, ma soltanto probabili: i segnali che si danno ai naviganti non possono venir quindi considerati senonchè quali semplici ammonizioni od avvertimenti. Tuttavia questi segnali recano già fin d'ora un bel vantaggio alla navigazione, ed è ragionevol cosa sperare che col progresso del tempo, aumentandosi gli osservatorii e perfezionandosi ulteriormente le scienze fisiche che servono di base alla meteorologia, abbiano a perfezionarsi anche i pronostici atmosferici e che le probabilità relative ai medesimi debbano pure gradatamente aumentare a beneficio del genere umano. Questo avrà perciò un nuovo debito di riconoscenza verso i benemeriti che nei varii paesi attendono con perseverante amore al progresso di tali studii.

XI.

BATTELLI DI SALVAMENTO.

Ardimento dei naviganti. — Speranza dei naufraghi. — La *Royal nation ond life boat Institution*. — Il battello insommergibile. — Mortaio e bomba benefici. — Come una corda può arrivare a bordo d'un bastimento naufragato. Discesa dei naufraghi sul tonneggio teso. — Battello insommergibile in lamiere d'acciaio, e zattera di salvamento in gomma elastica. — Viaggio dall'America all'Europa del *Red, White and Blue* e della *Inapareggiabile*.

Fig. 23. Telefono galleggiante a campana.

Ad onta di tanta previdenza, ad onta di precauzioni sì numerose i naufragi, sono pur troppo ancor frequenti. Basti il dire che, nell'anno 1866, sulle coste inglesi soltanto, si ebbero a deplorare 1784 naufragi, computando in tal numero tanto bastimenti di grande quanto di piccola portata. Spaventevole cifra, per rendersi conto della quale convien por mente all'innumerevole quantità di navi che solcano in ogni senso le acque britanniche, e convien riflettere in pari tempo che in oggi i naviganti hanno più che mai per divisa il detto inglese *Time is money* (il tempo è denaro), e perciò ardiscono viaggiare anche durante le notti più burrascose, mentre una volta, in notti consimili, avrebbero cercato rifugio in un porto dal quale non avrebbero saipato che a burrasca finita.

Fig. 24. Telefono Taylor.

I naufragi, come è noto, avvengono il più delle volte a poca distanza dalla costa, sia per arenamento sopra banchi di sabbia, sia per urto sopra scogli; le singole circostanze del naufragio possono variare in mille modi; quasi sempre però per ricuperare parte delle sostanze od almeno le vite dei poveri naufraghi, è necessario che da terra giunga qualche aiuto. Perciò i naufraghi rivolgono i loro sguardi alla costa più vicina nella lusinga di veder staccarsene qualche navicella montata da uomini

generosi che, ponendo a repentaglio la vita, mirano a salvar quella dei naufraghi. È ben vero che ogni nave ha a bordo uno o più schifi sui quali l'equipaggio potrebbe imbarcarsi e dirigersi a terra a forza di remi; ma in generale sarebbe grave imprudenza l'abbandonare incontanente il naviglio naufragato che può ancora durare qualche tempo, e forse forse, giungendo pronto il soccorso, può ancora essere condotto a salvamento nel porto più vicino. Quegli schifi leggeri, sovraccaricati dal peso di numeroso equipaggio, sbattuti furiosamente dalle onde burrascose, correrebbero grave rischio di venir capovolti e l'imprudente equipaggio che avesse voluto salvarsi a quei modo verrebbe tutto ingoiato dalle onde, mentre, rimanendo a bordo, poteva forse venir salvato compeltameute.

La nazione inglese, che più d'ogni altra è dedita alla navigazione, non poteva rimanere indifferente spettatrice della perdita di tante vite e di tante sostanze. Fu essa la prima ad organizzare un completo sistema di *ricupero* o, come dicesi gallicamente, di *salvataggio*.

« L'onore dell'iniziativa spetta ad un povero gentiluomo inglese dell'isola di Man, Sir William Hillary. Egli voleva dotare dapprima la sua isola e poi tutto il litorale britannico, di battelli di salvataggio, di porta-tonneggi per istabilire un va e vieni tra il legno naufragato e la costa, di stazioni per raccogliere e medicare i naufraghi. Hillary elaborò un progetto, parlò, scrisse, si dedicò intieramente e senza posa al trionfo della sua nobile idea. Infine, grazie al potente appoggio d'un suo amico e protettore, Thomas Wilson, membro del Parlamento, ei riescì nel suo intento. Nel 1824 sorse in Inghilterra la prima Società di salvataggio, che dapprincipio si sviluppò rapidamente. Ma a poco a poco, ad onta degli sforzi dei fondatori, lo zelo dei soci andò gradatamente spegnendosi; una fase di decadenza completa fece seguito a pochi anni di prosperità. Nel 1849 la rendita dell'associazione saliva a sole 500 lire sterline (12,500 franchi), le lance di salvataggio trovavansi inette al servizio.

« La perdita di venti valorosi marinai, accorsi per salvare una nave naufragata sul banco di Tynemouth, sollevò un grido di dolore misto ad indignazione: la società si scosse dal suo letargo, si riorganizzò (1). »

Grazie all'appoggio del principe Alberto e del duca di Northumberland la Società progredì continuamente per modo che oggidì, giunta, come diremo fra breve, ad alto grado di prosperità, è presa a modello da tutte le nazioni marittime.

(1) Da un articolo sul *Salvataggio marittimo* pubblicato dal signor C. De Amezaga nella *Rivista marittima* — fascicolo settimo — Firenze, ottobre 1868.

Un concorso aperto nel 1852 dalla Società di salvataggio, fra i più abili costruttori navali inglesi, fece conoscere un modello di barca insommergibile, ideato dal costruttore Peak. Questa barca si raddrizza da sè non appena sia stata capovolta, può essere vuotata in pochi istanti quand'anche le onde marine l'avessero riempiuta.

Numerosi ricuperi effettuati dalla Società animarono la beneficenza pubblica a porgerle aiuto e contribuirono al rapido progresso dell'istituzione, che estese ben presto le sue ramificazioni in tutte le contee litorane del Regno Unito. Il 24 aprile 1860 la Società ricevette con una patente reale il titolo di *Royal national life boat Institution* (Regio Istituto nazionale di battelli di salvamento). Nel principio del 1867 essa possedeva cento ottantotto battelli di salvamento, duecento trentanove mortai da lanciar corde di salvamento, settecento novantadue cinture per naufraghi, il tutto distribuito in cento ottantuna stazioni, ciascuna delle quali racchiude inoltre molti altri attrezzi minori, tendenti tutti allo scopo di alleviare i pericoli e le sventure dei naufraghi.

La *Royal national life boat Institution*, è una associazione privata sostenuta da contribuzioni volontarie. Essa distribuisce medaglie, menzioni onorevoli e ricompense pecuniarie a tutti coloro che, ponendo a repentaglio la loro esistenza, salvano o tentano di salvare i naufraghi sulle coste inglesi (1).

Le singole stazioni, costrutte quasi tutte allo stesso modo (ad un solo piano, lunghe 12 metri, larghe 5m 60) sono distribuite lungo le coste, nei punti di maggior pericolo, quanto più vicino è possibile ad una spiaggia che permetta di lanciare

(1) Ecco il quadro delle operazioni della Società nel 1866:

Bastimenti salvati		17
Persone salvate con battelli di salvamento	426	921
Persone salvate con altri battelli . . .	495	
Ricompense pecuniarie ai salvatori. Franchi		54912
Medaglie d'argento		16
Brevetti e menzioni onorevoli		25

Nel 1866 la Società spese 785,750 franchi per aumentare il numero delle stazioni e mantener quelle già esistenti.

Dalla fondazione a tutto il 1866, questa Società salvò la vita a 15,893 persone, distribuì 591,000 franchi, 82 medaglie d'oro e 767 medaglie d'argento.

Per le 172 stazioni che la Società possedeva al cadere del 1866, munite tutte di battello di salvamento e d'ogni altro accessorio, furono spesi complessivamente 4,095,000 franchi.

in mare con la massima rapidità il battello di **salvamento.** Presso ogni stazione trovasi una squadra **di 10 a 15** uomini sotto il comando d'un capo **intelligente ed** esperto. Nell' interno della stazione **è custodito il** battello di salvamento, sempre montato **sopra un** carro a quattro rnote; mercè questo **carro, il** battello può essere rapidamente trasportato **sino** alla spiaggia in cui lo si deve lanciare **in mare.** Veggonsi inoltre, in ogni stazione, **uno o più mortai** per lanciar bombe da 7 a 10 **libbre, razzi,** cime, lanterne, ed un forgone, mercè **il quale tutti** questi oggetti vengono trasportati **nel punto** della costa più prossimo al bastimento **pericolante (1).**

Il battello di salvamento, come si scorge dall'unita figura, che ce lo rappresenta tanto in sezione longitudinale quanto in sezione trasversale, è acuminato alle due estremità; lo spazio interno è per la massima parte occupato da scompartimenti detti *cassette* o *camere d'aria*. Queste sono impermeabili e ripiene d'aria la quale, con la sua leggerezza, vale a rendere insommergibile il battello; lo spazio intermedio fra le camere d'aria è destinato a ricevere l'equipaggio ed i naufraghi; la ristrettezza di questo spazio intermedio non permette all'acqua di accumulervisi in gran quantità, e permette all'equipaggio la pronta espnlsione dell'acqua entratavi per l'infuriar delle onde.

L'acqua che cade sul *ponte*, o parte rialzata che circonda questo spazio intermedio, si scarica natn-

Fig. 25. Battello di salvamento montato sul carro.

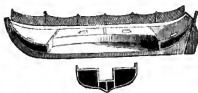



Fig. 26. Battello di salvamento
(1.° sezione longitudinale, 2.° sezione trasversale).

ralmente in mare, grazie a tubi verticali di discesa, **muniti inferiormente** di valvola automotrice che **pur permettendo** l'uscita all'acqua caduta sul ponte, **impedisce l'ingresso** all'acqna marina che tenderebbe **a penetrare** dal sotto in su.

Le casse d'aria, rese impermeabili mercè un rivestimento di tela incatramata, sono in numero di ventotto, tutte indipendenti l'una dall'altra; per tal modo, anche verificandosi nn guasto in taluna di esse, il battello rimane tuttavia insommergibile, in virtù della sua leggerezza, ossia, parlando più scientificamente, perchè il peso del battello, completamente carico e colmo d'acqua, è minore del peso dell'acqua da esso spostata (2).

Appena l'eqnipaggio della stazione ha notizia d'un naufragio accaduto nelle vicinanze, tutti si mettono in movimento, portando seco i loro attrezzi, come i pompieri all'annunzio d'un incendio; tutti si dirigono verso il punto della costa più vicino al bastimento naufragato. Se ciò accade durante la notte, l'equipaggio della stazione lancia nell'aria dei razzi per avvertire i naufraghi dell'avvicinarsi dei mezzi di salvamento, e per provocare in pari tempo qualche segnale luminoso dal bastimento naufragato onde stabilire in qual direzione ei si trovi, e qnindi verso qual punto converrà dirigere il battello di salvamento o la bomba di cni parleremo fra breve. Non vedendo comperire alcun segnale dal bastimento, si lanciano da terra dei razzi speciali che illuminano per alcuni istanti tutto l'orizzonte, e quindi permettono di scorgere la posizione delle nave naufragata. Quando si riescirà a produrre più economicamente la luce elettrica, si potrà averla in

(1) Le spese d'impianto d'una stazione si calcolano, in Inghilterra, di 14,500 franchi; 7500 pel battello ed attrezzi; 2500 pel carro e 4500 per la fabbrica della stazione. La spesa di manutenzione annua è colà valutata a circa 1250 franchi per ogni stazione.

(2) I battelli inglesi di salvamento, tipo Peake, misurano 9m,78 in lunghezza, da testa a testa, e 2m,42 in larghezza presa fuori bordo alla sezione maestra. Il peso del battello è di 2140 chilogrammi, quello degli oggetti d'armamento è di circa 420 chilogrammi; calcolando quindi ad 840 chilogrammi il peso di 12 uomini d'equipaggio, si arriva ad un peso totale di 3400 chilogrammi.

tutte le stazioni; con essa si illuminerà il mare in burrasca non solo per scoprire la posizione della nave, ma benanco per agevolare tutte le operazioni di ricupero, che durante le tenebre d'una notte burrascosa non possono certamente procedere con tutta quella sicurezza e precisione con cui verrebbero condotte al chiarore del giorno.

Il più delle volte il mare è talmente agitato che il battello di salvamento non potrebbe giungere direttamente fino al bastimento naufragato; in tal caso si agevola il tragitto del battello stabilendo una comunicazione, mediante una cima tesa dalla terra al bastimento. Il battello sebbene sbattuto dalle onde, mantenendosi aderente a quella cima, può partire dalla costa, muovere direttamente sino al bastimento, raccogliervi i naufraghi e trasportarli a terra a salvamento.

Qualche lettore potrà osservare che una cima, che andasse da terra al bastimento pericolante, potrebbe riescire effettivamente di grandissima utilità, ma non comprendendo in qual modo si possa farvela arrivare, la paragonerà al campa-

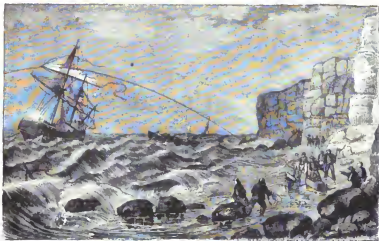



Fig. 27. Bomba e fune di salvamento lanciata sopra una nave pericolante.

nello che i sorci avevano decretato di appendere al collo del loro mortale nemico e che tuttavia non potè essere appeso, poichè nessuno di essi osava avvicinarsi al gatto. Nessuno infatti potrebbe portare quella cima a bordo del bastimento naufragato, quando i cavalloni si frangono con istraordinaria violenza contro la costa; la cima in discorso non è portata, ma è lanciata: e sono i marinai del bastimento naufragato che devono raccoglierla. È un enigma facilmente spiegato: un mortaio forma parte, come si è già detto, degli attrezzi d'ogni stazione: è un mortaio ordinario, del tutto simile a quelli impiegati dagli artiglieri per lanciar bombe negli assedii; la differenza sta nella bomba; in luogo di spargere il terrore e la desolazione, in luogo di mietere vite, essa porta la speranza al naufrago, lo sottrae agli artigli della morte. Quella bomba (fig. 28) è munita d'un anello al quale è legato il capo d'una lunghissima fune, l'altro capo

Fig. 28. Bomba di salvamento.

della quale è fissato stabilmente sopra un piuolo, uno scoglio od altro punto immobile della costa. L'abilità dell'artigliere benefico consiste nel lanciar la bomba al disopra della nave naufragata (fig. 27) in guisa che l'equipaggio possa

ossessarsi della fune che la bomba trae dietro
. Se il colpo falla, convien raccogliere la bomba,
ndola a terra mercè la fune — nn capo della
le è fisso a terra come abbiam già detto — e
ominciare l'operazione fino a che riesca felice-
nte. Quando finalmente la fune è giunta a bordo
bastimento naufragato, l'equipaggio la racco-
e e la lega ad nn albero o ad altro pnnto fisso;
bito dopo, il battello di salvamento si stacca
lla costa e, come abbiam detto, si dirige verso
naufraghi, tenendosi sempre alla fune.

Quando però le condizioni speciali della costa, ovvero l'imperversare della burrasca, non permettono assolutamente al battello di recarsi fino alla nave naufragata, allora si lega nna grossa cima al capo della fune rimasto a terra; mediante segnali si invita l'equipaggio della nave a trarre a bordo tutta la fune e quindi anche la grossa cima che vi è attaccata. L'equipaggio lega quest'ultima al bastimento mentre gli uomini che stanno a terra la tendono e la legano ad un pnnto fisso snlla costa. Alla cima ben tesa si appende

Fig. 29. Naufrago scendente a terra su la gomena di salvamento.

nn congegno c (fig. 30) munito superiormente d'nna scanalatura orizzontale nella qnale penetra la go-

Fig. 30. Naufrago sulla gomena di salvamento.

mena b; dalla parte inferiore del congegno discende verticalmente un'asta munita lateralmente di breve braccio orizzontale, una fune a legata al congegno serve a tirarlo (fig. 29) dal bastimento verso la costa o viceversa. Per tal modo nn nomo alla volta può scendere a terra, e quelli che sono a terra possono ad uno ad nno recarsi a bordo a soccorrervi l'equipaggio. Quando vi sono a bordo infermi, vecchi od altri che non possono compiere il tragitto rimanendo aggrappati al congegno nel modo indicato dalla figura, si sospende a quel congegno un canestro od un sacco entro al quale si collocano snccessivamente gli individni che non possono cimentarsi a quell'aereo viaggio. Si agli uni come agli altri, come pure ai marinai che si imbarcano sul battello di salvamento, è suggerito dalla prudenza di vestire nna grossa cintura di sughero che servirebbe a mantenerli galleggianti nell'acqua, qualora nn accidente qnalunque dovesse farveli cadere.

All'Esposizione universale di Parigi del 1867, figuravano due tipi di imbarcazioni americane di salvamento; l'una di esse è nn vero battello, l'al-

tra è più propriamente una zattera. Il battello è d'invenzione del signor Ingersall, la zattera è dovuta al signor Perry. Il battello del signor Ingersall è costrutto in *lamiera d'acciaio* con camere d'aria che lo rendono insommergibile; esso misura 8 metri in lunghezza, 2 in larghezza ed 1.m 20 di profondità.

Un antico ufficiale della marina americana, il capitano John Hudson, fiducioso nella solidità e nelle qualità nautiche di questo battello d'acciaio, chiese all'inventore il permesso di esperimentarlo in un lungo viaggio. L'inventore accondiscese; il battello, a cui fu posto il nome di *Red, White and Blue* (*rosso*, *bianco* e *azzurro*) ricevette tre alberi, altrettante vele ed i viveri occorrenti per due nomini e per 80 giorni di viaggio; il 9 luglio 1866, il battello montato dal capitano Hudson e da un collega, il capitano Fitch, si pose in viaggio per l'Europa.

Gli amici di questi audaci marinai avevano fatto ogni sforzo possibile per trattenerli, ritenendo che un simile viaggio non avrebbe potuto compiersi felicemente. Nulla valse a distrarre il capitano Hudson dai suoi proponimenti, ei diceva: « Gl'Inglesi hanno traversato l'Oceano per mostrare il loro *Great Eastern*, la nave più grande che si sia mai veduta; io, americano, voglio traversar l'Oceano per mostrare agl'Inglesi la nave più piccola ».

La piccola navicella sbattuta dalle onde furiose resistè sempre; la traversata presentò una serie continua di avventure pericolose; la vita dei due audaci navigatori fu due volte in pericolo per la vicinanza di balene, pericolo che essi causarono fuggendo a furia di vele. Finalmente al 16 agosto toccarono felicemente il porto inglese di Margate; per la prima volta dopo trentaquattro giorni poterono distendersi liberamente e dormire in un letto asciutto.

La navicella fu esposta a Londra nel *Crystal palace* all'ammirazione del pubblico.

Nel marzo 1867, il *Red, White and Blue* salpò da Douvres dirigendosi verso l'Havre; il vento infuriava straordinariamente, le onde erano agitatissime e sembrava stessero per inghiottire quella piccola imbarcazione: tuttavia essa potè giungere a salvamento sulla costa francese ed entrare a Caen, l'infuriar del vento non avendole permesso d'imboccare il porto dell'Havre. Il battello d'acciaio fu poi trasportato a Parigi e collocato nel parco durante l'Esposizione del 1867.

La zattera inventata dal capitano Perry, che da questi fu chiamata l'*Impareggiabile* (*Non-Pareil*), si compone di tre cilindri di gomma elastica ripieni d'aria, ricoperti separatamente, con robusta tela da vele incatramata. I singoli cilindri sono riuniti e collegati da una leggera ossatura in legname alla quale sono adattati due alberi, ciascuno dei quali può portare una vela. La zattera è lunga 8.m 33, larga 4.m 00. Due modelli di questa zattera figuravano all'Esposizione universale di Parigi del 1867.

Nel giugno dello stesso anno, il capitano Mikes e due marinai americani vollero emulare i trionfi del capitano Hudson. Essi si imbarcarono a Nuova York sulla *Impareggiabile* proponendosi di traversare l'Atlantico e di toccar terra a Southampton per recarsi poscia all'Havre e quindi fin sulle coste russe del mar Baltico, cimentando così ad ardua prova l'invenzione del capitano Perry.

Prima che questi ardimentosi, sfidando pericoli che umana mente mai può concepire; si affidassero alle ingannevoli onde dell'Oceano, niuno per fermo riteneva che impresa cotanto audace potesse sortire esito felice; ma quando tutta la popolazione di Nuova York vide la zattera staccarsi dalla riva ed i tre marinai, che la montavano, partire risolutamente su quella leggera imbarcazione, convenne pur ammettere la possibilità del tragitto. L'arditissimo tentativo si compì infatti felicemente; dopo quarantatrè giorni di viaggio fortunoso, il piccolo equipaggio, senza aver nulla sofferto, toccava terra a Southampton e veniva complimentato da quella popolazione plaudente.

XII.

Le istituzioni di salvamento presso le varie nazioni. — Sinistri marittimi sulle coste italiane, mitezza di clima e mitezza di costumi. — I *naufragatori*. — I fanali traditori e la complicità delle vacche. — Un articolo del *Morning-Post*. — Società nazionale di salvamento in Italia.

Gli Stati Uniti d'America, la Francia, la Germania settentrionale, la Spagna, la Danimarca ed altri Stati, imitarono il nobile esempio dato dall'Inghilterra; e nella nostra Italia — sorge spontanea la domanda — come si è provveduto per alleviare le sventure dei naufragi? Alcuni anni or sono il signor De Amezaga scriveva nella *Rivista marittima* del 1867: « Con dolore dobbiamo confessare che nulla si è fatto ancora in Italia per rendere meno disastrose le conseguenze del naufragio; eppure le nostre popolazioni litorane sono quante altre mai accessibili a sentimenti filantropici, nè difettano di marinai arditi a cotanto generosi da esporre la propria per salvare l'altrui vita; no, gli atti di coraggio e di devozione compiutisi frequentemente dalla nostra gente di mare, smentirebbero l'asserzione contraria. Ma questi atti sono promossi dal *solo* slancio momentaneo e non già in base a *norme prestabilite*; questi atti si compiono *senza il concorso di quei mezzi materiali, suggeriti dalla scienza e dall'arte*, che valgono ad assicurare il buon esito delle arrischiate imprese del salvataggio.

« La soavità del clima, una consueta moderazione nei perturbamenti atmosferici, la configurazione delle coste, le vaste spiaggie in generale sane, i numerosi porti e di facile accesso sono circostanze che, allontanando da un lato i casi di naufragio e dall'altro scemando la gravità delle sue conseguenze, concorsero essenzialmente a rendere meno sentito da noi il bisogno di ricorrere a quegli spedienti che una natura meno benigna indusse l'Inghilterra e le altre nazioni ad adottare. L'indole ospitale dei nostri litorani, ha pur contribuito a non apprezzare tal bisogno, mentre altrove la esistenza di *naufragatori*, di scellerati che provocano i disastri per esercitare il saccheggio a danno dei naufraghi, ha influito potentemente sulla creazione delle società di salvamento...

Tuttavia le cifre che rappresentano le perdite di uomini che si ebbero a deplorare nei mari italiani, si elevano ad un numero assai sconfortante: nel 1865, in seguito ad arenamenti, immergimenti ed abbordi, perirono 70 persone. I sinistri verificatisi nei mari italiani durante il 1866 ascesero a 154, nel 1866 se ne verificarono 135. I danni sofferti da ottantacinque navi che ne diedero conto, ammontarono a lire 581,927.

« Le statistiche da cui abbiamo ricavate codeste cifre ci ricordano in pari tempo che nel 1865 furono conferite venticinque ricompense per salvataggi di persone e di legni in pericolo di naufragio e ventidue nel 1863.

« Di fronte a tante sventure, esclama con ragione il signor De Amezaga, non è egli il caso di scuotere la nostra indifferenza e di porre mano senza indugio alla organizzazione di un servizio di salvataggio marittimo, traendo così profitto dei generosi sentimenti, dell'ardire dei nostri bravi marini? »

Prima di ricavare da queste linee alcune considerazioni sul nostro paese, dobbiamo dare spiegazione ai lettori di quella singolare e funesta parola che deve aver fermato la loro attenzione: i *naufragatori*. Incredibile a dirsi! mentre gli amici dell'umanità pongono ogni loro studio ad illuminare le coste per additare al navigante i pericoli che deve cansare, i porti ove trovare facile rifugio, v'hanno degli esseri umani che provocano ad arte i naufragi per impossessarsi a viva forza delle sostanze degli infelici gettati sulla costa!

Le idee di proprietà sono ancora molto confuse non solo sulle coste selvagge abitate da popoli barbari, ma benanco nella *civile* Europa, nei paesi abitati dalle nazioni più inoltrate nella via del progresso; le coste di Francia ed Inghilterra furono più volte, e sono anco al presente, teatro di orrendi misfatti, di naufragi provocati artificialmente dalle popolazioni litorane. Affrettiamoci a soggiungere che i governi di quei paesi adoprano ora la massima energia nell'impedire e reprimere azioni cotanto infami; tale intervento governativo valse già a diminuire notevolmente il numero di quei provocati infortunii, e giova sperare che fra non molto scompaia affatto anche questo avanzo di barbarie. Ma negli scorsi secoli persino i governanti si credevano in diritto di appropriarsi le sostanze dei naufraghi (1).

(1) *Un cronista francese*, Dom Lobineau, narra che il possesso d'uno scoglio, natural provocatore di naufragi, fu più volte la causa di combattimenti fra i signori di Bret-

Allo scopo di illudere i naviganti, i naufraga-
ri percorrono le coste durante le notti procel-
se, traendosi dietro una vacca alle cui corna è
gato un fanale acceso (fig. 31). I movimenti di
est' animale, quando è in cammino, imitano le
dnlazioni d' una nave. Per tal modo i naviganti
e viaggiano a poca distanza dalla costa, credono
e il fanale sia a bordo d'altro bastimento, e perciò supponendo di essere ben lontani dalla costa, continuano fiduciosi ad inoltrarsi e finiscono coll' urtarla improvvisamente, e naufragano mentre si credono ancora in alto mare.

In tempi a noi troppo vicini, nel 1866, il *Morning-Post* di Londra chiamò l' attenzione del governo inglese sul barbaro costume degli abitanti del litorale; questi accendono sulla riva del mare

Fig. 31. Neufragatori con fanale traditore

ochi ingannatori per indnrre in errore i navi-
nti, far naufragare le navi e quindi impossessarsi delle sostanze contenutevi e dei rottami del bastimento.

gna. Il castellano, fortunato possessore di questo eco-
o, ricevette nn giorno l' offerta d' uno stupendo dia-
nte. « Ne possiedo uno assai più bello, » disse il
tellano, e preso per mano l' incrednlo gioielliere, lo
insse ed nna finestra del castello. « Vedete quello
lio a fior d' acqua? » e gli additava quella roccia fu-
a — che è probabilmente la punta del Raz — « Guai
nave che è spinta dal vento contro a quello scoglio!
un miracolo, se il vento non cangia repentina-
, il che è rarissimo, non v' è scampo, essa deve
gare: vedete bene, soggiunse candidamente il castel-
quello scoglio vale ben più di tutte quante le pietre
del vostro scrigno ».
'tro cronista francese, Cambry, scriveva nel 1794:
e gli uomini di cuore palpitano alla vista del pericolo, l'abitante delle coste di Brettagna, munito di corde e di pertiche ad uncino va a nascondersi nelle rocce per impossessarsi degli oggetti che il mare getterà sulla riva. Altre volte uccideva gli infelici naufraghi che stendendogli le braccia invocavano aiuto, e poscia si impossessava d' ogni loro avere; oggi quegli abitanti si limitano a spogliare i naufraghi, lasciando loro la vita; invano la forza armata tenta talvolta di opporsi a questi orrendi misfatti, gli abitanti furiosi, uomini e donne, si uniscono, sfidano la morte combattendo i gendarmi; il fuoco ed il sangue aumenta l' audacia di quei mostri; le donne si mostrano ancor più feroci degli uomini, dicono che è il massimo dell' ingiustizia, della crudeltà, della tirannia militare, il voler negar loro i doni che essi considerano inviati dal cielo ».

« Questa abitudine altravolte particolare alla contea di Cornovaglia, » soggiunge il giornale inglese, « sembra voglia estendersi anche nella contea di Durham, sulle coste del nord. Convien applicare puramente e semplicemente le vecchie leggi di Giorgio II, in forza delle quali l'accendere fuochi ingannatori era assimilato al crimine di fellonia capitale, ed il tentativo di appropriarsi le sostanze che il mare getta sulla costa era considerato come furto ordinario. Proponiamo perciò che tutte quelle sostanze, quando il natural proprietario sia incontrastabilmente morto, sieno vendute a beneficio dei guardacoste; e così gli abitanti del littorale non avranno più alcun interesse ad attirare i bastimenti per farli poi naufragare contro gli scogli. »

Tornando ora al nostro paese abbiamo riferito testualmente parte dell'articolo del signor De Amezaga, per dire che il suo appello, al quale noi non mancammo d'unire la nostra debole voce nelle prime edizioni di quest' opera, fu in parte ascoltata.

Già due società di salvamento esistevano da parecchi anni, l'una in Ancona, l'altra in Napoli; ma per mancanza d'incoraggiamento da parte dei cittadini, vissero stentatamente.

Ma una società per dar *soccorso ai sommersi* istituivasi in Genova nel 1871, e sembra aver acquistato qualche sviluppo.

Con Regio Decreto del 21 aprile 1872 fu nominato a Roma un Comitato Centrale allo scopo di stabilire le norme generali per le varie società di salvamento che si sono formate in alcuni punti del nostro littorale e che si spera andranno di mano in mano crescendo in numero ed in floridezza.

La *Società nazionale di salvamento* per iniziativa del Comitato Centrale è ora costituita. Essa possiede fin d'ora una somma cospicua, frutto delle contribuzioni di molti generosi; si adopera con buoni risultati a far sorgere comitati locali e a volgarizzare in Italia la nobile istituzione.

Alcuni battelli di salvamento del tipo precedentemente descritto, sono già in costruzione per conto di questa *Società di soccorso ai naufraghi*.

Per avere il diploma di socio basta sborsare lire italiane tre ogni anno, indirizzandole al *Comitato Centrale pel soccorso ai Naufraghi, Ministero Marina*, Roma.

LE MACCHINE A VAPORE.

I.

La voce pubblica e le macchine a vapore. — Il mastodonte di ferro che si nutre d'acqua e carbone. — Applicazioni svariatissime. — Domanda obbligate. — Tendenza ad espandersi dei gas e dei fluidi aeriformi; pressioni da questi esercitata sulle pareti dei vasi in cui trovansi racchiusi. — Una vescica ripiena di gas si espande nell'aria rarefatta, si condensa nell'aria compressa. — Aumento nella forza espansiva dei gas all'aumentare della temperatura. — Anche il vapor acqueo è un fluido aeriforme. — Vapore *visibile* e vapore *invisibile*. — Spazio *saturo* di vapore. — Spiegazione di alcuni fenomeni assai comuni. — Idee più precise. — Evaporazione. — Il canto dei liquidi. — Ebollizione e vaporizzazione. — Temperatura di ebollizione ed influenza delle pressione. — Il sangue dei martiri. — Relazione fra la temperatura e la tensione massima del vapore. — Esperienze di Gay-Lussac, di Dalton, di Dulong ed Arago, di Regnault. — Tavola delle tensioni del vapor d'acqua. — Prima idea fondamentale della macchina a vapore.

Chi, nel nostro secolo, non ha più o meno udito parlare della macchina a vapore? chi non conosce, almeno sommariamente, i prodigi ch'essa va operando tuttodì? i benefici che questa macchina portentosa arreca all'umana società? Applicata alle ferrovie ed ai battelli a vapore essa sopprime quasi le distanze, permette viaggi altre volte reputati impossibili o per lo meno difficilissimi, affratella i popoli, favorisce lo sviluppo e la diffusione delle idee; applicata alle industrie, libera l'uomo dai lavori più faticosi, aumenta a dismisura le produzioni industriali, ne attenua il prezzo di costo e permette alle classi meno agiate di godere un benessere materiale che prima d'ora sembrava riservato soltanto ai ricchi.

Al solo udir discorrere di questa macchina meravigliosa, ognuno si sente pungere dal desiderio di conoscere davvicino questo mastodonte di ferro, che ben a ragione simboleggia il moderno progresso, che lavora giorno e notte senza interruzione, senza mai stancarsi, che si nutre di acqua e carbone, che nelle sue infermità è curato a colpi di martello. Qua, anima con moto febbrile le ruote o l'elice d'una nave e la spinge rapidamente sulle onde del mare, d'un lago o d'un fiume, non solo senza il sussidio di remi o di vele, ma ben anco in direzione contraria a quella del vento e delle correnti; là, sbuffando e sibilando, trascina sulle rotaie, con corsa sfrenata, lunghi convogli composti di numerosi carrozzoni entro ai quali stanno a centinaia i viaggiatori! Altrove, la stessa macchina anima un'intera officina, solleva magli pesantissimi, sotto ai cui colpi nulla resiste, fa girare robusti laminatoi che riducono il ferro in sottili lastre, muove formidabili cesoie, potenti succhielli che tagliano o forano il ferro con la facilità con cui si taglia o si fora il legno. Vediamo la stessa macchina compiere lavori svariatissimi, dai più minuti ai più colossali; dar vita a laboratorii di precisione, a filature e tessiture di lino, di canape, di cotone e di seta, arar la terra, battere il grano, far girare i mulini, pompar l'acqua dal fondo delle miniere, sollevar pesi ed aiutar l'uomo in mille altri modi. E udendo che tutti questi miracoli si compiono con un po' d'acqua ed un po' di carbone, sapientemente utilizzati nella macchina a vapore, chi non amerà conoscere la intima struttura di questa macchina meravigliosa, il suo modo d'agire? chi non vorrà informarsi dell'epoca in cui fu inventata? chi non chiederà il nome dell'inventore?

A queste varie domande ci ingegneremo rispondere svolgendo in breve la storia e la descrizione della macchina a vapore, ma anzitutto dobbiamo richiamare alla mente alcune brevi nozioni di fisica, senza le quali riescirebbe difficile rendersi conto dell'azione meccanica del vapore.

Parlandovi degli aerostati, e discorrendo più tardi dell'effetto prodotto dall'esplosione della polvere nelle armi da fuoco, abbiam già avuto occasione di accennarvi ad una singolare proprietà posseduta da tutti i fluidi aeriformi, detti anche gas e vapori. I fluidi aeriformi, quando in un dato istante occupano un determinato spazio, tendono sempre ad espandersi, tendono cioè ad occupare uno spazio più ampio di quello in cui trovansi racchiusi. Quando tale espansione dei fluidi aeriformi è contrastata dalla resistenza opposta dalle pareti del recipiente, queste pareti, fino a che rimane costante la temperatura del fluido aeriforme, subiscono una pressione tanto maggiore quanto più grande è la quantità del fluido aeriforme racchiusa nel recipiente. Se le pareti del recipiente sono cedevoli, come sarebbe il caso d'una vescica elastica, questa andrà gonfiandosi, per l'interna espansione del fluido aeriforme imprigionato, fino

a che la forza espansiva che agisce dall'interno all'esterno di quel recipiente elastico, verrà equilibrata dalla pressione che si esercita esternamente sulle pareti del recipiente, pressione che tenderebbe a comprimerlo. Al diminuire di questa pressione esterna, tornerebbe ad avere il sopravvento la forza espansiva del fluido aeriforme imprigionato, al contrario il recipiente elastico dovrà comprimersi, ed il fluido aeriforme contenutovi dovrà condensarsi, all'aumentare della pressione sulle pareti esterne del recipiente elastico.

Entrambi questi fatti possono essere verificati sperimentalmente introducendo una vescica ben chiusa, e contenente un fluido aeriforme, sotto ad una campana pneumatica. Estraendo a poco a poco l'aria dalla campana, la vescica va gradatamente gonfiandosi; se le pareti della vescica presentano debole resistenza, e se continua l'estrazione dell'aria dalla campana, giunge finalmente un istante in cui il fluido aeriforme, racchiuso nella vescica, preme con tanta *forza* quelle pareti, debolmente premuto esternamente dall'aria estremamente rarefatta che ancor rimane sotto alla campana, da squarciarle con *fracasso*. Questo fenomeno non dovrebbe riescirvi nuovo: rammenterete certamente che, parlando degli aerostati a gas, abbiamo avvertito non essere prudente il riempirli completamente di gas poichè l'inviluppo esterno del pallone, che presso a terra subisce una maggiore pressione atmosferica, trovasi *soggetto a pressione ognor più debole di mano in mano che, sollevandosi nell'aria, incontra strati d'aria sempre più leggeri*. I gas contenuti nel pallone *si espandono, lo gonfiano*, e, premendo con forza *ognor crescente* sull'involucro, possono *squarciarlo*.

L'opposto avverrebbe se la vescica elastica, ripiena di fluido aeriforme, venisse introdotta sotto ad un apparecchio di compressione; mercè questo apparecchio si può gradatamente aumentare la pressione sulle pareti esterne della vescica, il fluido in questo contenuto riescirebbe compresso, e la vescica diminuirebbe di volume.

Aggiungiamo, e questo è un fatto importantissimo, che la forza d'espansione dei fluidi aeriformi aumenta considerevolmente all'aumentare della loro temperatura, e viceversa.

Il vapor acqueo è anch'esso un fluido aeriforme; per conseguenza anch'esso tende continuamente ad espandersi ed esercita una pressione tanto maggiore sulle pareti del vaso in cui viene racchiuso, quanto più grande è la quantità di vapore imprigionata, quanto più elevata è la sua temperatura e quanto più piccola è la capacità del vaso.

Contrariamente alla comune credenza, il vapor acqueo è perfettamente trasparente ed incoloro; dalla superficie dei mari, *dei fiumi*, dei laghi, degli stagni, da tutti i *corpi d'acqua*, svolgesi continuamente vapor acqueo in quantità più o meno grande a seconda della temperatura dell'acqua e dell'aria sovrastante; in generale questo vapore rimane *invisibile*, si confonde con l'atmosfera. Vedremo ora in quali casi esso si trasformi in *vapore visibile*, che è quello più generalmente conosciuto.

Se in uno spazio perfettamente chiuso, ad esempio una stanza chiusa ermeticamente e mantenuta a temperatura invariabile, entra un getto continuo di vapore, questo rimarrà dapprincipio invisibile, l'aria contenutavi rimarrà perfettamente limpida e trasparente; ma continuando a sopraggiungere vapore, arriverà più o meno presto un istante in cui la stanza conterrà tanta quantità di *vapore invisibile* da non poterne ricevere la più lieve particella, ed il vapore sopraggiungente potrà bensì penetrare nella stanza ma a condizione di condensarsi in minutissime goccioline, trasformandosi in *vapore visibile* o *nebbia*. Dicesi allora che quello spazio è *saturo* di vapore.

Aumentando la temperatura di quello spazio, esso potrà ricevere nuova quantità di vapore invisibile; abbassando invece la temperatura di quello spazio, una determinata quantità di vapore invisibile dovrà necessariamente condensarsi e divenir visibile. Ne viene quindi che uno spazio determinato, mantenuto a data temperatura, non può contenere più d'una data quantità di vapor acqueo invisibile o perfetto. Così, ad esempio, lo spazio di un metro cubico mantenuto alla temperatura di + 20° C può contenere esattamente 17.02 grammi di vapor acqueo perfetto; se a questa quantità di vapore, racchiusa in detto *spazio*, si aggiunge altro vapore, allora o la *quantità aggiunta* od una pari quantità di quello che *già* vi era, si condensa e passa allo stato visibile. L'*egual* fenomeno si verificherebbe se, *rimanendo* i soli 17.02 grammi di vapore entro lo spazio d'un metro cubico, la temperatura del medesimo si abbassasse della più lieve quantità. L'opposto accadrebbe se la temperatura di quello spazio andasse aumentando; in proporzione dell'aumentata temperatura, aumenterebbe anche la quantità di vapor acqueo che, in quello spazio, potrebbe rimanere allo stato perfetto.

Mercè questi dati potremo renderci conto di parecchi fenomeni che vediam ripetersi giornalmente sotto ai nostri occhi:

« Ognuno dice (1) che una caldaia produce vapore quando *si vede fumare*; ma non tutti si persuadono facilmente che essa diffonde vapori anche quando non se ne vede uscir nulla. Eppure l'unica

(1) Ambrosoli, *Fisica*, pag. 1121.

differenza sta in ciò, che nel primo caso il vapore è allo stato visibile, mentre nel secondo è allo stato aeriforme od invisibile. E può darsi benissimo che un corpo d'acqua svapori talvolta più abbondantemente quando non mostra alcun segno di evaporazione, che non quando sparge densissimo fumo. Nel fatto, una piccola quantità di vapor acqueo basta a saturare un'aria fredda e già ricca di vapore — o, come dicesi, *umida* — laddove, una quantità anche molto maggiore di vapore, può essere insufficiente a saturare un'aria calda e povera di vapore — o, come dicesi, *secca*. — Perciò in un giorno di inverno, e massimamente se il tempo sarà umido, potrà apparire al disopra dell'acqua un folto fumo, e in un giorno d'estate, massimamente se il tempo sarà asciutto, potrà non apparir nulla, anche se la evaporazione sarà molto più abbondante. Similmente, il nostro fiato contiene sempre molto vapore; ma nell'estate è invisibile, perchè l'aria suol essere in tal condizione da poterlo ricevere senza condensazione; e nell'inverno all'incontro è visibile perchè ne sopravanza a quella quantità che basta per rendere satura l'aria. E similmente, una locomotiva getta lungo il viaggio un foltissimo vapore visibile nelle fredde giornate d'inverno, ma nei giorni caldi ed asciutti d'estate può accadere che non se ne veda uscir nulla, esso passa direttamente nell'aria allo stato aeriforme od invisibile.

« Riesce poi facile il comprendere il perchè, in tutti questi casi, il vapore dispaia sempre, tosto che giunge a qualche distanza dalla sua origine: gli è che, spargendosi nell'aria, esso viene a dividersi in molte piccole quantità, ciascuna delle quali entra essa sola in uno spazio, dove si suddivide e si sparge nuovamente, e così via via; laonde arriva presto un momento che le quantità di vapore, le quali salgono a questo modo nell'aria, si trovano minori di quelle che abbisognerebbero per saturare gli spazii che esse invadono; e allora le goccioline di vapore visibile si trasformano di nuovo in vapore invisibile, sicchè non si scorge più nulla. Non è neanche difficile il rendersi conto d'un fenomeno che, a primo aspetto, sembrerebbe contraddire a questa dottrina; e cioè che in molti casi il vapore che esce dal beccuccio d'un ramino contenente acqua in ebullizione, è completamente trasparente, è vapore invisibile e non si distingue dall'aria finchè non giunge a qualche piccola distanza dal beccuccio; quivi forma una densa nube; e più in su dispare. La cagione è che l'aria contigua al beccuccio del ramino è caldissima e perciò capace di ricevere allo stato aeriforme anche tutto il vapore uscente dal ramino; ma a distanza maggiore, il vapore entra in un'aria meno calda, e, benchè già diviso, pure è ancora in quantità troppo grande per mantenersi completamente invisibile, e perciò una parte di esso si rapprende, diviene visibile; più in su poi, siccome esso continua a diffondersi e non trova più mutazioni sensibili di temperatura, così diventa di bel nuovo invisibile per effetto della sua estesa suddivisione ».

Ed ora che con esempi comuni, tratti per così dire, dalle pareti domestiche, ci siamo formati una idea grossolana del modo di prodursi del vapore, vediamo di formarci un'idea più precisa del fenomeno di vaporizzazione, della forza elastica del vapore a determinate temperature, e di risalire così al principio fondamentale su cui posa l'invenzione della macchina a vapore.

Da quel che si disse si sarà già potuto comprendere come in due modi diversi avvenga il passaggio di un liquido allo stato aeriforme. Tale passaggio infatti può avvenire lentamente a qualunque temperatura ed alla superficie del liquido; nel qual caso si ha il fenomeno della *evaporazione*. Ma se racchiudesi dell'acqua od un qualsivoglia altro liquido in un vaso munito di coperchio, cedevole per modo da rimanere costante la pressione sofferta dal liquido nel vaso, e poi lo si espone all'azione di una sorgente di calore, il calore comincia a riscaldare il liquido, ed intanto si comincierà a manifestare una *evaporazione* maggiore alla superficie del medesimo. Se il vaso è di vetro, si vedrà dal fondo e dalle pareti riscaldate staccarsi piccole bolle d'aria, che era disciolta nell'acqua, od aderente tra l'acqua e le pareti stesse, e che per la prima si dilata per l'azione del calore.

Continuando a riscaldare, si formano bolle di vapore nei punti in cui le pareti del vaso soffrono direttamente l'azione del calore; ma queste bolle nell'attraversare il liquido, la cui temperatura è inferiore, prima di poter giungere alla superficie cedono il calore all'acqua, e si condensano; donde nasce quel fremito che sempre precede l'ebollizione, e che il volgo accenna dicendoci che *il liquido canta*. Dopo il canto il fenomeno della ebollizione non si fa molto più aspettare; ed esso ha luogo effettivamente quando le bolle di vapore le quali si formeranno, non solo a contatto del fondo del vaso e delle pareti, ma in tutti i punti della massa liquida, si elevano fino alla superficie di questa, dove scoppiano e si spandono. L'operazione della ebollizione, quando ha per iscopo la produzione di vapore, chiamasi *vaporizzazione*.

A partire dall'istante in cui il liquido bolle, e supponendo sempre che rimanga costante la pressione, per quanto si vada attivando il fuoco, e per quanto si immagini prolungata l'operazione, la temperatura del liquido rimarrà costantemente la

stessa, e così sarà pure della temperatura del vapore prodotto, la quale sarà la stessa di quella del liquido. Per formarsi un'idea ben concreta del come si possa produrre vapore a pressione costante suppongasi d'avere una caldaia quasi interamente piena d'acqua, dalla quale si diparta superiormente là dove si accumula il vapore prodotto, un tubo che conduca questo vapore in un cilindro verticale: e che questo cilindro sia superiormente chiuso da uno stantuffo scorrevole e caricato d'un determinato peso. A misura che si produrrà nuovo vapore, lo stantuffo si inalzerà sollevando il peso sovrincombente, e intanto la pressione nell'interno della caldaia e nel cilindro rimarrà sempre la stessa, e sarà misurata da quel peso e tradotta in atmosfere nel modo che più sotto vedremo. Anche la temperatura nell'interno della caldaia rimarrà costantemente la stessa finchè non varia la pressione, ossia finchè non varierà quel peso; essa si chiama *temperatura di ebollizione sotto la pressione cui il vapore trovasi soggetto*. Aumentando quel peso aumenterà pure la temperatura dell'acqua nella caldaia; diminuendo la pressione diminuirà pure la temperatura necessaria a produrre la ebollizione. E così, per esempio, si sa che l'acqua alla pressione atmosferica ordinaria del livello del mare, ossia quando il barometro a mercurio segna 76 centimetri di altezza, bolle alla temperatura di 100° (è anzi questo il dato per segnare sul termometri il numero 100). Ma è altresì un fatto che a Torino, città situata a 240 metri sul livello del mare, e dove la pressione barometrica media è di [illegible] millimetri, l'acqua bolle a 99°,1; [illegible] temperatura di 92°,9 all'Ospizio di [illegible], alto 2075 metri, e dove la pressione barometrica media è di 586 millimetri; e che alla [illegible] di Antisana, alta 4101 metri sul livello del mare, e dove la pressione barometrica media non è per conseguenza che di 454 millimetri, l'acqua bollente ha la temperatura di soli 86°,3. Sulla cima del Monte Bianco, a 4800 metri d'altezza, la colonna barometrica non segna che 433 millimetri e l'acqua bolle a 85 centigradi.

Fig. 32. Erone sperimenta l'eolopila in presenza dei filosofi della scuola d'Alessandria

D'altronde è noto quell'apparecchio di fisica che dimostra l'influenza della pressione sopra il fenomeno della ebollizione; è quell'apparecchio istesso che ne' tempi antichi ha magnificamente servito a far bollire il sangue dei martiri. Riempite d'acqua per due terzi circa la capacità di un matraccio di vetro, e fate bollire l'acqua. Poi chiudete ermeticamente con un turacciolo, e rovesciate il matraccio col collo in giù. Cesserà immediata-

mento l'ebollizione perchè la temperatura dell'acqua non tarderà ad abbassarsi, ma principalmente perchè lo spazio che è al disopra del liquido resta pieno di vapore che non ha più mezzo di sfogo, come l'aveva nell'esempio della caldaia più sopra citato; per cui colla produzione di nuovo vapore andrà necessariamsnte crescendo la pressione; e la temperatura primitiva di ebollizione più non è sufficiente per proseguire la ebollizione alla nuova pressione. L'acqua è dunque lontana dal fuoco ed affatto tranquilla; pur si vuole che torni senz'altro calore a bollire, e basterà di ricorrere al magistero del santi. Benedite perciò il matraccio versandovi sopra un po' d' acqua fredda; il vostro liquido riprenderà tosto a bollire, ed il miracolo è fatto.

Il vapore che occupava la parte superiore del matraccio si è condensato, ed ha prodotto nell'interno un vuoto, o, come dicesi in lingnaggio più scientifico, nna diminuzione di pressione. Ma col diminuire della pressione già sappiamo che diminuisce pure la temperatura necessaria alla ebollizione; cosicchè quell'acqua, ancorchè si fosse col tempo nn po'raffreddata, avrà tuttavia sufficiente temperatura per produrre quel fenomeno.

E tant' è vero che al diminuire della pressione diminuisce pure la temperatura necessaria a prodnrre l'ebollizione, che nel vuoto artificialmente prodotto, in cui la pressione è nulla, i liquidi passano rapidamente allo stato di vapore. Così una goccia d' acqua introdotta in una canna barometrica scomparisce immediatamente riducendosi in vapore, mentre la colonna barometrica si abbassa; qnesto fenomeno ha lnogo benissimo alla temperatura ordinaria; per cui l'abbassamento della colonna barometrica dimostra che il vapore d'acqua alla temperatura ordinaria ha una *forza elastica* o *tensione* (come tutti i vapori in generale) colla quale fa equilibrio alla pressione atmosferica. Di più si potrà sempre misnrare la sua intensità, misurando la qnantità di cui si è abbassata la colonna di mercurio.

Se dopo ciò si introdnce un'altra piccolissima quantità d'acqua, e suppongasi non variino la pressione e la temperatura esterne, succederà ancora lo stesso fenomeno di prima, e la colonna barometrica si abbasserà maggiormente. Continuando in questo modo, si giunge al punto in cui la goccia d'acqua che penetra nella camera barometrica rimane allo stato liquido, e la colonna di mercurio cessa di abbassarsi. Ciò ci dimostra che *per una temperatura determinata* si ha un limite per la quantità di vapore che si può formare in un dato spazio, e quando si è giunti a questo limite, si dice che quello spazio è *saturato*, o che il vapore è allo stato di *saturazione*, o semplicemente è *vapore saturo*. E poichè si disse che a quel punto la colonna barometrica cessa di abbassarsi, così è chiaro che vi ha anche un limite alla tensione del vapore; segue appunto da ciò la definizione precisa del *vapor saturo;* esso sarà veramsnte tale quando avrà raggiunto la massima tensione corrispondente alla temperatura che si desidera.

Siccome poi la tensione del vapor saturo varia grandemente col variare della temperatura, così si instituirono delle esperienze per riconoscere quale relazione esistesse fra la tensione e la temperatura, qnalunque questa si fosse, cioè tanto al disotto quanto al disopra di zero.

Gay-Lussac per il primo misurò la tensione del vapor d'acqua saturo a temperature inferiori a zero, e riconobbe nella camera barometrica, in cui aveva introdotta dell'acqua in piccola quantità, ma sufficiente per saturare lo spazio

a	0°	una dspressione di millimetri	4.06
»	— 10°	» »	2.00
»	— 20°	» »	0.84
»	— 30°	» »	0.36

Queste depressioni, che necessariamente dipendono dalla tensione del vapore nella camera barometrica, dimostrano come a temperature ordinariamente le più basse possibili, come qnella di 30 gradi sotto lo zero, vi sia ancora del vapore d'acqua *invisibile* nell'aria atmosferica.

Ma, per l'applicazione da farsi come potenza motrice della forza elastica del vapor d'acqua, occorreva di sperimentare a temperature vicine e poi superiori a 100 gradi. Il fisico Inglese Dalton diede per il primo una tavola numerica delle forze elastiche del vapor d'acqua saturo corrispondenti alle temperature comprese fra 0° e 100°, servendosi di un apparecchio che offriva poca precisione; per cui Regnault rifacendo quelle esperienze modificò sostanzialmente l'apparecchio, usò molte precauzioni, e non se ne servì che per temperature comprese fra 0° e 50°.

Per temperature superiori conveniva usare procedimenti più rigorosi e più potenti. Sperimentarono dapprima Dulong ed Arago. Il loro apparecchio consisteva in una caldaia di rame a pareti robustissime, introdotta in apposito forno; la sua capacità era di 80 litri; in questa caldaia era introdotta l'acqua da convertirsi in vapore; per riconoscere la temperatura dell'acqua e del vapore nella caldaia, si servirono di due canne da fucile, chiuse alla loro parte inferiore e piene di mercurio; le quali pescando nell'acqua della caldaia comunicavano il loro calore a due termometri im-

merai nelle medesime. Un tubo partiva dalla parte superiore della caldaia, conduceva il vapore in un manometro a mercurio per misurarne la tensione. Osservando in pari tempo di grado in grado le temperature segnate dal termometro e la tensione del manometro, Dulong ed Arago hanno così misurato direttamente la tensione del vapore d'acqua fino a 24 atmosfere, o mediante il calcolo lo valutarono per approssimazione fino a 50 atmosfere.

Regnault ripetè poi le esperienze di Dulong e Arago, servendosi di un processo che qui riesce inutile di descrivere. I risultati ottenuti da Regnault, concordi, per quanto era possibile di sperare, con quelli di Dulong ed Arago, trovansi registrati nel quadro seguente, in cui abbiamo date le forze elastiche misurate in colonna di mercurio, ed in atmosfere che il vapor d'acqua saturo esercita alle varie temperature comprese fra (— 30°) e 230°.

TENSIONI DEL VAPOR D'ACQUA SATURO
A DATE TEMPERATURE SECONDO REGNAULT.

Temperature in centigradi.	Tensioni espresse	
	IN MILLIMETRI DI MERCURIO.	IN ATMOSFERE.
— 30°	0.37	0.0005
— 20	0.91	0.0012
— 10	2.08	0.0027
0°	4.46	0.0059
+ 10	9.01	0.0119
20	17.25	0.0229
30	31.46	0.0414
40	54.91	0.0723
50	92.14	0.1212
60	149.14	0.1962
70	233.65	0.3074
80	355.38	0.4676
90	526.13	0.6923
100°	760.	1.0 00
110	1073.41	1.4124
120	1485.26	1.9544
130	2017.07	2.6540
140	2692.33	3.5425
150	3537.21	4.6512
160	4580.01	6.0263
170	5851.19	7.6989
180	7383.08	9.7147
190	9209.85	12.1184
200	11367.18	14.957
210	13892.21	18.279
220	16823.13	22.136
230	20199.03	26.488

L'esame di questo quadro fa chiaramente vedere che la forza elastica del vapor d'acqua cresce molto più rapidamente della temperatura; così, per esempio, mentre il vapor d'acqua a 100 gradi non ha che la pressione di un'atmosfera, a 200 gradi ha già la pressione di poco men che 15 atmosfere. Ed è questo uno dei principali pregi del vapor d'acqua sui vapori degli altri liquidi, essendochè per avere molta forza bisogna ricorrere ad alte pressioni, e se per ottenere queste pressioni si richiedono temperature siffattamente elevate da deteriorare in brevissimo tempo i metalli, e rendere impossibile l'uso di materiali indispensabili a congegnare le macchine, queste macchine rimarrebbero nella mente dei teorici, e non si potrebbero realizzare. E così vedremo a suo tempo che, ad onta del poco accrescersi della temperatura col crescere della tensione, non suolsi in pratica oltrepassare per le caldaie a vapore la pressione di 10 atmosfere.

Resta ancora a vedersi come si possa ottenere il vapore a così forti pressioni. Esponendo al fuoco una pentola piena d'acqua e munita superiormente di un coperchio caricato di pesi e che la chiuda esattamente, per modo che non veggasi uscire alcuna nube di vapore, il vapore che andrà grado a grado svolgendosi in seno al liquido bollente, non trovando alcuna uscita, premerà con forza ognor crescente tanto la superficie del liquido, quanto le pareti laterali della pentola, e la superficie inferiore del coperchio. Se le pareti della pentola sono sufficientemente resistenti, il vapore vincerà il peso del coperchio, e sollevandolo si aprirà un varco per espandersi liberamente nell'aria. Ma se il peso che gravita sul coperchio non gli permettesse di sollevarsi ad onta della pressione esercitata dal vapore sottostante, e se la pentola continua ad essere riscaldata dal fuoco, il vapore imprigionato riscaldandosi sempre più andrà acquistando una forza espansiva sempre maggiore finchè avverrà il sollevamento del coperchio malgrado la resistenza opposta dai pesi, e se mai questi fossero eccessivi, allora le pareti della pentola finiranno per cedere alla enorme pressione del vapore, che squarciandole con scoppio fragoroso le lancierà con ispaventevole violenza e ridotte a frantumi a distanze incredibili.

Questa enorme forza espansiva del vapor acqueo fortemente riscaldato ed imprigionato in uno spazio chiuso ha dato l'idea primitiva e fondamentale per l'impiego del vapore nelle macchine motrici; fu il primo lampo di luce, una prima scintilla del genio inventivo; ma quanti tentativi, quanti studi e quanti secoli si consumarono per arrivare alla macchina a vapore del giorno d'oggi ed al grandioso principio della trasformazione del calore in lavoro meccanico, senza di cui la macchina a vapore non avrebbe potuto progredire!

II.

L'eolipile di Erone d'Alessandria. — I sacerdoti teutoni ed il dio Busterich. — Pretesa trasformazione dell'acqua in aria calda. — L'avvocato bizantino Zenone e l'architetto Antemio. — Le preghiere di Matesio da Joachimsthal. L'eolipila e il girrarosto.

Il principio fondamentale, esposto nella chiusa del precedente capitolo, vi parrà semplicissimo e vi farà supporre che un fatto tanto volgare, conosciuto nelle epoche più antiche, sia stato in pari tempo utilizzato; eppure passarono migliaia d'anni prima che l'umanità sapesse ricavar profitto dalla forza espansiva del vapor acqueo. Quando fu dunque inventata la macchina a vapore? A chi dobbiamo il merito dell'invenzione?

La macchina a vapore non fu inventata in un sol giorno, nè da un sol uomo, essa non uscì d'un getto, come Minerva armata dalla testa di Giove; parecchi furono gli inventori; d'altro canto però bisogna convenire che la macchina a vapore è d'origine moderna, sendo specialmente dovuta al progresso delle scienze fisiche, quasi completamente ignorate dalla antichità, e segnatamente di una scienza affatto nuova e tuttora bambina, che prese il nome di *termodinamica*. Tuttavia parecchi autori che scrissero la storia della macchina a vapore, pretesero trovare fin nei tempi più antichi, nelle tradizioni scientifiche di Grecia e di Roma, i primi germi di questa invenzione meravigliosa; noi invece, con la scorta dell'illustre Arago, diremo che questa opinione ci sembra inamissibile, ed esporremo i fatti particolareggiatamente esposti dallo stesso (1), e dal Figuier (2), che corroborano l'opinione contraria.

E non ci vuol molto a riconoscere che non siamo dalla parte del torto. La scienza che diciamo *fisica* non esisteva fra gli antichi. Soltanto poche cognizioni dovute al caso o ricavate dalla pratica delle arti più volgari componevano tutta la scienza fisica dei Greci. L'arte di osservare, che è il segreto di studiare un fatto, isolandolo, con un'operazione mentale, da quanto lo circonda, fu ignorata quasi completamente dagli antichi. La poetica imaginazione dei filosofi greci aveva anzi trascinata la scienza nascente in una via direttamente opposta a quella dei suoi progressi. Anzichè osservare le cose che colpiscono i sensi, essi volevano penetrare l'intima natura dei fenomeni, e facevano inutili sforzi d'imaginazione per risalire alla segreta essenza delle loro cause. L'attenzione era attirata in particolar modo dall'importanza e dalla grandezza dei fatti; quei filosofi si ostinavano nello studio di problemi destinati a rimanere forse per sempre insolubili al genere umano, si affaticavano a stabilir teorie prima d'aver riuniti i fatti sui quali esse avrebbero dovuto basarsi, credevano poter costruire idealmente l'universo, mentre non sapevano neppur osservarlo. Codesto genere di filosofia arrestò nel loro nascere i progressi delle scienze fisiche.

Voler adunque collocare in quell'epoca l'origine della più importante invenzione dei tempi moderni, è un falsare le tradizioni della storia; ed il rapido esame dei fatti, che ora esporremo, basterà a mostrare quanto sieno futili le basi che servono di fondamento a codesta opinione.

Erone, filosofo della celebre scuola d'Alessandria, Erone che vivea centovent'anni prima dell'èra volgare, è onorato dai maggior numero degli storici della macchina a vapore col titolo di inventore e costruttore della prima macchina a vapore. Il filosofo alessandrino scrisse in vero un trattato intitolato *Spiritalia*, poche linee del quale gli valsero il grande onore d'essere proclamato inventore d'una macchina che vide la luce diciasette secoli dopo di lui; e sì che il libro d'Erone non pretendeva una sorte sì brillante. Quel libro contiene la descrizione d'una serie di apparecchi destinati a manifestare alcuni singolari fenomeni dell'aria e dell'acqua; gli argomenti vi sono trattati senza ordine e senza logico legame: vi cerchereste indarno una spiegazione, una teoria. — Ora esporremo i paragrafi del libro di Erone sui quali si fondano i suoi glorificatori, e così voi stessi, o lettori, potrete giudicarlo.

Il quarantesimoquinto apparecchio descritto dal filosofo d'Alessandria, si compone di una pentola piena d'acqua, ben chiusa da tutte le parti ad eccezione d'un'apertura per cui penetra nella pentola un tubo verticale (come già saprete, la *verticale* è la direzione d'un corpo cadente liberamente: la direzione del filo a piombo; un oggetto

(1) *Biographie di James Watt*, lue en séance publique de l'Académie des sciences le 8 décembre 1834.
(2) *Les merveilles de la science.*

dicesi verticale quando si trova in codesta direzione) aperto superiormente. Si colloca una palla in questo tubo e si espone la pentola al fuoco: l'acqua riscaldata produce vapore; il vapore che tende ad innalzarsi nell'aria, vuol escire dalla pentola, e non avendo altra uscita che pel tubo sale in esso scacciando la palla. La scoperta di codesto fatto non spetta neppure ad Erone, bensì a colui che, seduto accanto al fuoco, fu il primo ad osservare che il coperchio della pentola, in cui cuocevansi i cibi, si sollevava per la spinta del vapore sottostante che tendeva ad espandersi. Questa scoperta è senza dubbio anteriore ad Erone; essa ricevette una prima applicazione — che nulla ha a fare colla macchina a vapore — per opera di abili impostori come ora diremo.

Le forze naturali od artificiali, dice Arago, prima di riescire veramente utili agli uomini, furono quasi sempre sfruttate da abili ingannatori a beneficio della superstizione. Il vapor acqueo non forma eccezione a questa regola generale.

Le antiche cronache ci avevano già informato che sulle rive del Weser, il dio degli antichi Teutoni manifestava talvolta il suo malcontento, con una specie di tuono cui succedeva, subito dopo, una nube che riempieva tutto il sacro recinto. L'imagine del dio Busterich, rinvenuta, per quanto sembra, negli escavi, mostra chiaramente in qual guisa si operava il preteso prodigio.

Quel dio era di metallo. La testa, cava internamente, conteneva un'anfora piena d'acqua. Un turacciolo di legno chiudeva la bocca, ed un altro turacciolo chiudeva un secondo foro praticato al disopra della fronte. Carboni accesi, abilmente collocati nella cavità del cranio, riscaldavano a poco a poco l'acqua contenuta nell'anfora. Il vapor acqueo sviluppatosi non tardava molto a far saltare i turaccioli, producendo in pari tempo una forte detonazione: quel vapor acqueo usciva in due getti, l'uno dalla bocca, l'altro dal foro praticato al disopra del cranio; e poi, raffreddandosi a contatto dell'aria, diventava visibile e produceva una folta nube fra il dio ed i suoi stupefatti adoratori. Sembra che alcuni monaci, nel medio evo, trovassero conveniente anche per loro codesta invenzione, e che la testa di Busterich non abbia funzionato soltanto in faccia alle assemblee dei Teutoni.

Ritornando ora all'esame degli scritti del filosofo Erone, vi diremo che, nello stesso trattato, egli descrive varii meccanismi che permettono, gli uni mercè l'aria compressa, altri mercè l'aria dilatata dal fuoco, di far suonare la trombetta ad un automa, far fischiare un dragone di legno o far ballare a tondo i burattini; tutti questi apparecchi sono variazioni dello strumento conosciuto nelle scuole col nome di *fontana d'Erone*, apparecchio che ha tanto legame con la macchina a vapore quanto Pilato col Credo. Havvi poi un paragrafo in cui descrive un apparecchio che è la pietra angolare dei partigiani d'Erone; lo riferiamo traendolo dalla versione latina dell'opera originale, che fu scritta in greco come tutte quelle della scuola d'Alessandria.

« *Far girare una sfera sul proprio asse mercè una pentola bollente.* Sia AB (fig. 33) una pentola piena d'acqua esposta al fuoco. La si chiude col coperchio CD che è forato per lasciar passare a gomito il tubo EFG; l'estremità G di questo tubo penetra nella piccola sfera cava H (una sfera è ciò che nel comune linguaggio dicesi palla). Proprio di

Fig. 33. Eolipila di Erone.

fronte al luogo in cui il tubo penetra nella sfera vi è un perno intorno al quale la sfera può girare; codesto perno, di cui vedete la punta aguzza nella figura, è portato dal gambo ML che è saldato sul coperchio CD. Dalla sfera G partono due tubetti disposti nella direzione d'un diametro della sfera (il diametro è la linea che si può immaginare che tocchi due punti della sfera e passi pel *centro*, ossia punto di mezzo della sfera); e ripiegati a gomito ed in direzione opposta fra loro. Riscaldata che sia la pentola, l'aria sale nel tubo EFG, passa da questo nella sfera, ed uscendo pei tubi a gomito farà girare la sfera similmente ai burattini che ballano a tondo. »

Vedete bene che l'autore stesso non presenta il suo apparecchio come una macchina, come un congegno atto a produrre una forza motrice: ei presenta un giocattolo e nulla più. Così pure tutte le altre esperienze esposte da Erone nel trattato in discorso sono scherzi di fisica; egli non dà alcuna notizia intorno alle cause dei fenomeni che descrive.

Volendo poi rintracciare quale interpretazione

teorica accordasse Erone a questa sua *eolipila*, non si potrebbe collegarla in ogni modo che alla sola azione del calore; poichè nell'enunciato del problema ei dice. « Far girare una sfera mercè una pentola bollente », e non nomina « il vapore d'acqua » per la semplice ragione che tutti ne ignoravano a quei tempi l'esistenza. Erone e tutta la schiera dei filosofi d'allora ravvisavano nella vaporizzazione di un liquido la sua trasformazione in aria calda, e perciò ei non parla nel suo libro che degli effetti meccanici prodotti ora dall'aria compressa, ora dall'aria dilatata dal fuoco; ma non parla mai di vapor acqueo.

E così pure tutti i fisici che vennero dopo Erone spiegavano il fenomeno della rotazione della piccola sfera attribuendolo all'uscita ed alla reazione dell'aria calda; la quale poi, così dicevano, proveniva dalla trasformazione dell'acqua in aria (1). In altro luogo della stessa opera d'Erone trovasi descritto un apparecchio del tutto analogo al precedente, nel quale, però, una corrente d'aria calda fa le veci della corrente di vapore.

Ora che conoscete le idee inesatte che per tanto tempo regnarono intorno ai fenomeni della vaporizzazione dei liquidi, non vi sorprenderete più che siano trascorsi tanti secoli senza arrecare la più lieve nozione intorno agli effetti meccanici del vapore. Codesta circostanza spiega la penuria di argomenti e di fatti in cui si trovarono gli scrittori che vollero far risalire ad epoca remota l'invenzione di cui ora ci occupiamo.

Per mostrare a quali meschinità essi abbian dovuto ricorrere, ci basterà richiamare l'aneddoto dello storico bizantino Agathias che vien citato in proposito:

« Eravi a Bisanzio un uomo chiamato Zenone, inscritto nella lista degli avvocati, favorevolmente conosciuto da tutti e che era ben veduto anche dall'imperatore. Zenone abitava in tal vicinanza di Antemio (1) che le loro due case sembravano formarne una sola. A lungo andare nacque non so qual litigio fra loro, fosse una finestra aperta in onta ai regolamenti, fosse un muro troppo alto che toglieva luce alle finestre del vicino, fosse un'altra di quelle tante cause che non mancano mai di presentarsi e di far nascere il malumore fra due vicini, fatto sta che la faccenda andò ai tribunali.

Com'era da prevedersi, il perdente fu Antemio, il suo avversario era avvocato e lo vinceva di gran lunga in eloquenza Antemio non si perdette d'animo e non potendo lottare a parole pensò di vendicarsi col bel tiro, che ora diremo, che venivagli suggerito dalla scienza ch'ei coltivava.

Zenone possedeva un magnifico appartamento: alto, spazioso, ben ornato, ove ei riceveva i suoi amici e festeggiava quanti gli erano più cari. Il piano terreno di quest'appartamento era di Antemio, e così il solaio di questo era il pavimento di quello. Antemio adunque dispose nel pianterreno grandi caldaie piene d'acqua, ch'egli circondò esternamente con tubi di cuoio bastantemente larghi alla lor base per abbracciare completamente gli orli delle caldaie, ma di diametro ognor più piccolo come una trombetta. Ei fissò i capi di questi tubi alle travi ed all'impalcato del solaio e ve li attaccò con molta cura; per modo che l'aria che vi si introduceva poteva andare a colpire direttamente sull'impalcato precisamente nei luoghi in cui erano attaccati i tubi. Avendo fatti con tutta segretezza questi preparativi, Antemio accese un gran fuoco sotto alle caldaie, l'acqua si riscaldò ben presto e se ne sollevò molto vapore denso che non avendo alcuna uscita si alzò nei tubi slanciandovisi per entro con violenza tanto maggiore quanto più lo spazio, in cui trovavasi racchiuso, era ristretto, ed andando a battere continuamente sull'impalcato, lo scosse completamente e fece tremare le travi. Ora Zenone e i suoi amici furono conturbati e sbigottiti, si slanciarono sulla via gettando alte grida, e Zenone recatosi al palazzo dell'imperatore interrogava i suoi conoscenti sui danni che eventualmente avessero sofferti dal terremoto.

Quest'esperienza, riferita com'è da Agathias, non poteva in alcun modo produrre i risultati descritti, i quali non si possono spiegare altrimenti che con la fervida fantasia dello storico bizantino.

Non altrimenti devesi accogliere l'asserzione emessa da Roberto Stuart, nella sua storia descrittiva della macchina a vapore, in questi brevi termini: « Un certo Matesio scrisse nel 1562, in un volume di sermoni intitolato *Sarepta*, della possibilità di costruire un apparecchio, la cui azione

(1) Quest'errore della fisica antica sulla trasformazione dell'acqua in aria, in grazia del calorico, durò ancor molti secoli dopo Erone. Vitruvio, il celebre architetto romano, che viveva ai tempi d'Augusto, dice parlando dell'*eolipila* che « le eolipile son palle di bronzo vuote internamente, munite d'un piccolo foro pel quale vi si versa l'acqua; codeste palle non tramandano alcun fiato quando non sieno riscaldate; ma esposte al fuoco mandano un vento impetuoso ed insegnano così importanti verità sulla natura dell'aria e dei venti ». Queste erronee idee vivevano ancora nel XVI secolo. Cardano nostro diceva: « Vitruvio ci insegna a fare dei vasi che producono vento; essi sono rotondi, chiusi da tutte le parti tranne in un luogo che è munito d'un piccolo tubo. Riempiti d'acqua, si espongono al fuoco; il liquido si trasforma in aria, fugge dal tubo ed aumenta l'ardore del braciere ». Nel XVII secolo, il fisico inglese Boyle continuava ad ammettere la trasformazione dell'acqua in aria in virtù del calorico.

(1) Antemio di Tralle, abilissimo architetto ai tempi dell'imperatore Giustiniano, fu il costruttore della chiesa di Santa Sofia.

e le cui proprietà rassomigliano a quelle della moderna macchina a vapore ».

Credesi che Matesio fosse un maestro di scuola a Joachimsthal, città della Boemia, celebre un tempo per miniere d'argento, rame e stagno. La sua opera, stampata a Norimberga nel 1562, è soltanto un libro di preghiere; ecco il passo a cui allude lo scrittore inglese:

« Mercè l'acqua, il vento ed il fuoco, mercè bei meccanismi, l'acqua ed il minerale si alzano e son messi in movimento fin dalle più grandi profondità, così la spesa diminuisce ed i tesori nascosti vengono estratti e messi alla luce del giorno.. Oh, voi Minatori! glorificate nei canti delle miniere il brav'uomo che fa salire oggi il minerale e l'acqua sulla Platea per mezzo del vento, e cantate come ora si innalza l'acqua col fuoco ».

In verità ci vuole una gran buona volontà per trovare nel testo di quest'esortazione evangelica l'indicazione d'un « apparecchio la cui azione e le cui proprietà rassomigliano a quelle della moderna macchina a vapore ». Poteva bensì funzionare nelle miniere qualche macchina mossa dal vento o dall'aria riscaldata; ma dalla pietosa invocazione di Matesio non traspare la più lieve allusione ad una macchina che agisca mercè l'acqua ridotta in vapore.

Roberto Stuart soggiunge:

« Trentacinque anni dopo, in un libro stampato a Lipsia nel 1597, troviamo la descrizione di ciò che dicesi un'eolipila, che si pretende possa servire a far andare un girarrosto ».

L'eolipila, apparecchio che, come abbiam detto, era conosciuto in tempi antichissimi, attirò vivamente l'attenzione dei fisici del medio evo, i quali tuttavia ignoravano la causa dei singolari effetti ch'essa produce ed imaginavano che l'acqua vi si trasformasse in aria. Non è dunque impossibile che l'insignificante e povera applicazione di cui parla Roberto Stuart abbia potuto essere realizzata, sebbene ei non ci dia nessuna indicazione positiva intorno all'opera ch'ei menziona.

Altre opere del fine del XVI secolo vengono citate erroneamente come contenenti i germi della gran macchina, ma noi risparmieremo ai lettori la noia di seguitare codest'esame che è poco meno che inutile, quando si ponga mente al fatto che nel secolo XVI tutte le cognizioni che formano la fisica moderna erano involte nelle tenebre più profonde. Solo la creazione della fisica moderna poteva arricchire l'umanità di quei fatti precisi che dovevano servir di base alla scoperta degli effetti meccanici del vapor d'acqua ed a suggerirne l'impiego qual forza motrice.

III.

Venerazione universale per le dottrine aristoteliche. — La teoria del moto della Terra ed il libero esame — Influenza dell'arte tipografica e della riforma. — Bacone, Galileo e Cartesio. — Assurde argomentazioni degli aristotelici. L'astronomo Scheiner e le ammonizioni del padre superiore. — Gara di tre nazioni.

La *fisica*, ossia la scienza che prende in esame i fenomeni naturali, non data veramente che dal fine del XVI secolo. Prima d'allora essa esisteva soltanto di nome. In luogo di osservare attentamente i fenomeni naturali, in luogo di studiarli profondamente, le generazioni umane si erano succedute ripetendo sempre e tramandandosi dall'una all'altra le assurde dottrine stabilite da Aristotile (1). Gli scarsi cultori delle scienze naturali non osavano dubitare delle dottrine aristoteliche: conveniva prestare cieca fede alle parola del « Maestro di color che sanno »; conveniva inchinarsi riverentemente in faccia alle dottrine dello Stagirita:

« Tutti l'ammiran, tutti onor gli fanno.

Unico mezzo di indagini era il sillogismo; punti di partenza e di mira erano le pretese cause assolute; unica regola, la parola del maestro; le testimonianze dei sensi venivano ripudiate. Alcuni uomini di genio comparsi ad intervalli tentarono lottare contro il dispotismo della tradizionale autorità, cercarono di far brillare agli occhi del mondo i sani principii della filosofia naturale. Roggero Bacone (1), Giordano Bruno (2), Girolamo Cardano (3), e parecchi altri riformatori coraggiosi, espiarono con persecuzioni d'ogni genere e perfin con la morte, il delitto di aver pensato.

(1) Nato a Stagira in Macedonia l'anno 385 avanti Cristo, morì all'età di 63 anni.

(1) Vedi Parte I, pag. 213.

(2) L'insigne ed infelice filosofo Giordano Bruno nacque a Nola verso il 1550 e morì sul rogo a Roma nel 1600, come eretico.

(3) Vedi Parte I, pag. 116.

Ai potenti della terra importava in fondo ben poco che gli studiosi fossero seguaci di Aristotile anzichè di Platone o di Epicuro, ma il cieco culto alle idee d'Aristotile implicava la più assoluta sommissione al principio d'autorità.

La teoria del moto della Terra non avrebbe per nulla sgomentati gl'ignoranti feudatarii, i principi e i duchi che mantenevansi — nel maggior numero dei casi — completamente estranei alle più vitali questioni scientifiche, ma quella teoria implicava libera discussione, libero esame, tendenza a scuotere un giogo.

In una parola, l'uomo avrebbe dovuto piegare perpetuamente il capo ad ogni e qualsiasi autorità, e forse in oggi saremmo ancora immersi nell'ignoranza e nel dispotismo dei secoli andati se la mirabile invenzione dell'arte tipografica non fosse giunta in tempo per generalizzare lo studio, per diffondere le idee, per proclamare le verità. Le torture ed i roghi dell'inquisizione, anzichè arrestare lo sviluppo ed il progresso delle idee, contribuirono potentemente ad affrettare il trionfo della ragione.

La riforma religiosa compiuta da Lutero stabilì

Fig. 34. Francesco Bacone.

Fig. 35. Renato Cartesio.

la libertà di coscienza; alcune nazioni d'Europa incominciarono a scorgere i primi bagliori dell'emancipazione politica, e le menti rimaste schiave per secoli e secoli incominciavano a dubitare, e si risvegliavano, — in tutto ciò le scienze non avevano che da guadagnare, ed infatti esse non tardarono a trasformarsi: ciò completò la salutare rivoluzione che doveva mettere l'umanità in possesso dei proprii diritti. Gli antesignani del rivolgimento scientifico, coloro che gettarono le basi del nuovo edificio delle umane cognizioni furono Bacone (1) in Inghilterra, Carte-

(1) Francesco Bacone nacque nel 1561; passò al collegio della Trinità di Cambridge nel 1573, ed essendo per tempo conosciuto dal suo sovrano per lo splendido suo ingegno, giunse finalmente, nel 1618, all'eminente carica di cancelliere, col titolo di barone di Verulamio. In mezzo ai doveri dei suoi impieghi, continuò a coltivare la filosofia, che, nel rovescio della sua fortuna, accaduto nel 1621, gli procurò i maggiori conforti, mentre la solitudine gli diede agio di perfezionare le opere immortali su cui è fondata la sua fama. Morì nel 1626 d'una infreddatura colta nell'attendere ad un'esperienza di fisica. L'alto grado cui giunse Bacone come filosofo e come fondatore della filosofia induttiva, è dovuto alla vastità del suo genio, che abbracciò tutte le parti e tutta l'estensione della scienza naturale, afferrò i più alti principii di quasi ogni ramo di ricerche fisiche e descrisse il metodo da seguire per portarle alla loro perfezione. Egli previde i risultamenti che se ne dovevano ottenere e insegnò il modo di arrivarvi. Spaziò con l'acuto suo sguardo, come da un luogo eminente, sulla ricca e varia regione che doveva divenire

sio (1) in Francia e Galileo (2) in Italia. Sebbene di paese, di mente e di carattere ben diversi l'un dall'altro, pure tutti e tre attaccarono, a seconda della forma particolare e della varia attitudine del loro genio, l'antico edificio delle dottrine scolastiche che tenevano soggiogato lo spirito umano; mercè i loro sforzi arditi e salutari riescirono ad abbatterlo per sempre ed innalzarono sulle rovine una nuova filosofia. Unendo il precetto all'esempio, insegnarono al mondo il vero metodo da seguirsi nelle ricerche scientifiche, segnarono con le loro scoperte i primi passi della scienza nascente.

il patrimonio della filosofia e somministrò una guida perfetta per le strade e per gli stretti per cui si dovevano fare le scorrerie della scienza e la conquista del territorio doveva essere assicurata.

L'opera su cui principalmente riposa la fama di Bacone, alla quale rimarrà eternamente associato il suo nome, è il *Novum organon*, che presenta un sistema in base al quale possono essere ordinate le varie specie di prove sperimentali; insegna il metodo per giungere da singole osservazioni a conclusioni generali. Enumera le cause di errore, ossia gl'*idoli*, com'egli li chiama nel suo linguaggio figurato, o false divinità alle quali la mente è stata lungamente avvezza ad inchinarsi; mette in evidenza i perniciosi effetti della cieca riverenza per l'antichità e per l'autorità dei gran nomi, nonchè della propensione ad indagare quelle cose soltanto che sono rare e di cui non si può rendersi conto, combatte la trascuranza e studiare le cose che giornalmente ci accadono; descrive infine il sistema di induzione ch'ei propone come sola e vera via per investigare le verità fisiche.

(POWELL, *Storia della filosofia naturale*).

(1) Renato Cartesio (in francese Descartes) nacque a Haye, piccola città della Turenna, in Francia, il 31 marzo 1596. Compì un corso di studii nel collegio dei Gesuiti a La Flèche, mostrando sempre vivo amore allo studio, fece rapidi progressi tanto nel campo della letteratura quanto nel campo delle scienze. Uscito dal collegio a 19 anni, Cartesio desiderò viaggiare allo scopo di vedere le cose coi suoi occhi, di rintracciare la verità nel gran libro del mondo. A tal fine abbracciò temporariamente la carriera delle armi e servì successivamente come volontario negli eserciti d'Olanda e di Baviera. Il soldato rimaneva filosofo anche sui campi di battaglia, che erano per lui fonti di studio e di riflessioni profonde. Nel 1620, dopo la battaglia di Praga, abbandonò la professione delle armi e continuò a viaggiare. Percorse successivamente Olanda, Francia, Germania, Svizzera ed Italia, dimorando a lungo a Venezia ed a Roma. Dopo compiuti questi viaggi, Cartesio si prefisse per iscopo di coltivare esclusivamente la sua ragione, e pensando che in Francia non avrebbe potuto trovare la libertà e tranquillità necessaria, si ritirò in Olanda. Ivi egli scrisse il maggior numero delle sue opere ed elaborò, nella sua feconda solitudine, gli alti concetti che dovevano poi richiamare su di lui l'ammirazione del mondo civile. Come di solito non mancarono

La rivoluzione scientifica compiuta dai precetti di Bacone, dalle scoperte e dagli scritti di Galileo e da quelli di Cartesio abbraccia un periodo ben distinto, che, incominciato sul cadere del XVI secolo coi primi lavori di Galileo, termina verso la metà del secolo seguente con la morte di questo luminare (1642). Soltanto da allora può dirsi stabilito il trionfo della nuova filosofia, e la scienza, sorretta ormai da basi incrollabili, potè inoltrarsi senza inciampi nella via della verità. Ma in quel mezzo secolo d'intervallo, la scienza dovette lottare a grande stento con gli avanzi dello spirito

i nemici, gl'invidiosi. Fra questi primeggiò Voesio, professore di teologia all'Università di Utrecht, che, usando di bassissime arti, riescì a far condannare le dottrine filosofiche di Cartesio dai borgomastri di quella città; e, ciò non bastandugli, pubblicò ogni genere di infami calunnie sul conto del filosofo che ne ebbe amareggiata — per breve tratto — la sua esistenza. Per evitare nuove amarezze abbandonò l'Olanda ed accettò l'asilo offerto al suo genio dalla celebre Cristina, regina di Svezia. Il freddo clima di quel paese e la tirannia delle abitudini di corte, alle quali ei doveva pur sottomettersi, gli abbreviarono la vita. Morì a Stoccolma l'11 febbraio 1650.

Cartesio infranse il vecchio giogo della filosofia peripatetica, non ammettendo nei ragionamenti alcun'altra guida che la ragione. Il suo vasto ingegno spaziò nei campi della filosofia, della fisica e della matematica. Nel 1633 pubblicò il suo *Sistema del mondo*, nel quale tentò di spiegare e connettere tutti i movimenti planetari, abbandonando le teorie metafisiche fino allora proposte, e partendo invece dalle idee di materia e di moto e dalle proprietà generali della materia: estensione, impenetrabilità, inerzia. Il sistema cartesiano incontrò dapprima molto favore, fu poscia riconosciuto completamente erroneo; ad ogni modo contribuì assai efficacemente a abbattere per sempre l'assurdo sistema del mondo proposto da Tolomeo nel II secolo dell'E. V., a cui tutta Europa prestò cieca fede per ben quattordici secoli. Vedendo un sistema cedere il posto ad un altro, le menti umane incominciarono a perdere la loro eccessiva venerazione per l'autorità ed a riconoscere che ogni sistema dev'essere spassionatamente sottoposto ad esame.

Ma dove il genio di Cartesio brillò di fulgidissima luce, fu nel campo della geometria che per suo merito progredì notevolmente. Il suo *Trattato di geometria*, pubblicato per la prima volta nel 1637, segna un'epoca delle più importanti nella storia delle matematiche. In esso ei sviluppa la sua feconda e felicissima idea dell'applicazione dell'algebra alla geometria, che è la base dell'importante ramo delle matematiche conosciuto col nome di *Geometria analitica*. Propose un metodo per la soluzione del difficile problema delle tangenti che tanto preoccupò i matematici che lo precedettero; a Cartesio siamo inoltre debitori di interessanti scoperte in tutte le parti dell'algebra, ed in particolare nella teoria delle equazioni.

(2) La biografia di Galileo fu data per esteso nella Parte I.

filosofico del passato, non rimanendo sempre vittoriosa. Per lungo tempo ancora l'ombra dei vecchi errori vela i concetti dei filosofi (1). Una oscura metafisica imbarazza le teorie della scienza; le idee religiose e morali continuano a frammischiarsi alle spiegazioni fisiche. Si ragiona del pieno e del vuoto, delle qualità essenziali e delle qualità accidentali dei corpi. Si fanno dissertazioni sul secco e sull'umido, sul numero e sulle proprietà degli elementi; si è ostinati a discutere sterilmente l'intima essenza dei fenomeni. Si formulano in gran numero le ipotesi sulla natura del fuoco, sulla mescolanza degli elementi; si attribuiscono qualità morali alla natura. Insomma, si divaga nelle vane sottigliezze delle teorie insegnate dalla scolastica. È raro il caso che si invochi l'esperienza; e quando pur taluno vi ricorre si tratta d'argomenti discretamente puerili. Si intraprendono ricerche meccaniche per spiegare i suoni dell'antica statua egiziana di Memnone, il giuoco misterioso dell'organo di papa Silvestro, od il volo della colomba fabbricata da Archita; si scrivono intieri volumi per scoprire le cause della dissoluzione del vitello d'oro, o per rintracciare quante migliaia d'angeli potrebbero stare, senza premersi troppo l'un l'altro, sulla punta d'un ago.

E gli è nel mezzo di codesto infausto periodo della storia della scienza, mentre la fisica non esisteva per anco, che si vuol collocare l'invenzione della macchina a vapore da quasi tutti gli scrittori che trattarono l'argomento! Tre nazioni si disputano in Europa l'onore d'aver dato all'umanità l'inventore di questa macchina meravigliosa. I Francesi glorificano Salomone di Caus, gl'Inglesi esaltano il marchese di Worcester, e da noi si citano i nomi del fisico Porta e dell'architetto Branca.

---

(1) Citeremo ora alcuni fatti che mostreranno al lettore qual fosse lo strano modo di ragionare che ancor vigeva sul cadere del XVI secolo:

Uno dei gran dogmi delle scuole si era che i corpi, abbandonati a sè stessi cadono a terra tanto più rapidamente quanto più grande è il loro peso. Nessuno osava dubitare di quest'asserzione gratuita d'Aristotile, nessuno aveva mai pensato di verificarla. Galileo salì sulla torre pendente di Pisa e lasciò cadere dalla sua sommità varii corpi di pesi diversi, i quali, con piccolissima differenza, dovuta alla resistenza dell'aria, giunsero a terra quasi nello stesso momento. Gli scienziati citavano Aristotile a preferenza dei loro sensi, sostenevano che un corpo pesante dieci libbre doveva cadere nella decima parte del tempo impiegato, nel cadere, da un corpo pesante una libbra soltanto. E siccome Galileo aveva mostrato chiaramente che entrambi quei corpi impiegano l'egual tempo nella discesa, così gli Aristotelici, in luogo di riconoscere il loro torto, preferirono giurare eterna nemicizia a Galileo.

Fra le obbiezioni citate dagli avversarii della teoria del moto della Terra eravi pur questa: che una pietra lasciata cadere dall'alto d'una torre, giungerebbe a terra ad una gran distanza a ponente, per la rapidità con cui la Terra le sfuggirebbe di sotto; che analogamente una palla lasciata cadere dalla cima di un albero d'una nave in moto, ovvero lanciata dalla poppa alla prora di quella nave, sarebbe, nel primo caso, caduta lontano dal piede dell'albero, indietreggiando verso poppa sì nell'un caso come nell'altro, poichè dicevano che la palla non formava parte della nave e quindi non poteva partecipare al suo moto.

La vera maniera di rispondere non fu tentata, quella cioè di fare l'esperimento. La risposta sarebbe stata che la pietra e la palla cadono, sensibilmente (1) ai piedi della torre e dell'albero della nave, e che la palla lanciata dalla poppa verso la prora, giunge esattamente al punto verso cui fu diretta, tanto se la nave è in movimento quanto se la nave è immobile. Galileo dimostrò, non già in virtù di principii metafisici simili a quelli addotti dagli Aristotelici ma col ragionamento rigoroso e l'esperienza, che i corpi posti a quella guisa in movimento, partecipano al moto generale della Terra e della nave e che perciò non subiscono alcuna influenza sensibile dall'essere la Terra e la nave immobili od in movimento.

Un monaco tedesco, Scheiner, osservando il sole, notò nel 1650 la presenza delle macchie (osservate ancor prima da Galileo) e comunicò al superiore dell'ordine una notizia intorno alle macchie solari. Quel dotto padre inviò a Scheiner una formale ammonizione contro tali eretiche idee: — « Ho cercato in Aristotile, diss'egli, e non posso trovarvi nulla di questo: siate pertanto sicuro ch'egli è un inganno dei vostri sensi e dei vostri vetri ».

Questa risposta del padre superiore rammenterà al lettore la celebre sentenza con cui il califfo Omar decretò l'incendio della preziosa raccolta di manoscritti accumulata dai filosofi della scuola d'Alessandria. « O quei manoscritti contengono cose già contenute nel Corano e sono inutili, o racchiudono cose non contenute nel Corano e sono pericolosi; abbruciateli tutti per riscaldar l'acqua pei bagni ». I preziosi manoscritti furono abbruciati ed Omar passò così alla posterità

(1) Rigorosamente parlando, un corpo cadente dall'alto d'una torre, subisce leggerissima deviazione nella sua caduta; poichè la velocità di cui è animata la cima della torre è lievemente superiore a quella di cui è animato il piede di quella torre. Queste due velocità stanno fra loro in ragione della distanza [illegible] della cima e del piede della torre dal centro della Terra.

IV.

Salomone di Caus. — Suo apparecchio per innalzar l'acqua contenuta in una palla cava. — Precedenza di G. B. Porta. Un disegno di Gavarni e l'apocrifa lettera di Marion Delorme. — La leggenda di Salomone di Caus morente all'ospizio dei pazzi. — L'eolipila di Giovanni Branca. — Applicazioni dell'eolipila suggerite dal vescovo Wilkins. — Incomprensibile invenzione del marchese Worcester. — L'architronito di Leonardo da Vinci.

Salomone di Caus, nato nel 1576, era un oscuro ingegnere normanno; in causa d'uno strano accidente, che accenneremo più sotto, egli è onorato da molti non solo come l'inventore della macchina a vapore, ma come un martire della scienza, come una di quelle anime elette che pagarono con la lor vita il diritto d'aver pensato liberamente, d'aver voluto migliorare con una grande invenzione le sorti dell'umanità. Ma in tutto questo non c'è fondamento di verità. Il merito scientifico di Caus consiste unicamente in un trattato, da lui pubblicato nel 1615, col titolo: *Le ragioni delle forze moventi con diverse macchine tanto utili quanto piacevoli alle quali sono aggiunti parecchi disegni di grotte e fontane.*

Nel primo libro di codesto trattato c'è un capitolo composto di parecchi teoremi, in cui l'autore, esaminando varii mezzi con cui si può alzare l'acqua, discorre: 1.° del sifone in cui l'acqua sale bensì nel ramo più lungo, ma per discendere poi nel ramo più corto ed escire ad un livello più basso in confronto di quello per cui è entrata nell'altro ramo; 2.° della capillarità dei tessuti di lana o di lino; 3.° della compressione dell'aria, come nella fontana di Erone; 4.° della vite d'Archimede; e per ultimo, del fuoco, nel modo seguente:

Presa una palla di rame (fig. 36) vuota internamente ma ben robusta che indicheremo con A; pratichiamo in essa un foro C, ed applichiamovi un tubetto munito di robinetto o chiave; pratichiamo poi un altro foro in B, ed applichiamovi un tubo più lungo che vada fin quasi al fondo della palla come indicano le due linee punteggiate; indi chiudiamo ben bene con saldatura lo spazio che rimanesse aperto in giro ai tubi. Aperta la chiave C vi introduciamo dell'acqua per mezzo d'un imbuto e così riempiamo circa per metà la cavità interna di quella palla; chiusa poi accuratamente la chiave C, ed aperta la chiave B, esponiamo la palla al fuoco, — allora, dice l'autore, il calore che colpisce la palla farà salir l'acqua pel tubo B (1).

Quest'apparecchio non può dunque servire ad altro che a vuotare la palla dall'acqua introdottavi dapprima: l'attribuire un valore industriale a quest'apparecchio sarebbe assurdo, poichè l'autore non accenna neppure lontanamente ad una applicazione pratica, non indica se ed in qual modo egli avesse l'intenzione di far entrare nuova acqua nella palla dopo averne espulsa, mercè il calorico, quella introdottavi dapprima.

È ben vero che aggiustando sul tubo C un altro tubo che andasse a pescare in un serbatoio d'ac-

Fig. 36. Apparecchio di Salomone di Caus.

qua fredda, la rarefazione prodottasi nella capacità superiore della palla, dopo escitone quasi tutto il liquido, genererebbe un'aspirazione che farebbe salire, dal serbatoio nella palla, quasi tanta acqua quanta ne esci prima, ed anche questa, riscaldandosi, si innalzerebbe di lì a poco tempo, e così via. Si potrebbe dunque a questa guisa ottenere un apparecchio intermittente per l'innalzamento dell'acqua; apparecchio che funzionerebbe però con

(1) Eccone la ragione di codesto fenomeno: l'acqua contenuta nella palla esposta al fuoco si riscalda a poco a poco e, riscaldandosi, sviluppa del vapore; codesto vapore, trovandosi rinchiuso, non può seguire la sua naturale tendenza ad espandersi, e quindi preme tanto sulle pareti interne della palla quanto sull'acqua in essa contenuta; le pareti, che sono di metallo ben robusto, non cedono alla pressione del vapore, non gli lasciano agio ad espandersi, ma l'acqua, premuta dal vapore, si alza su pel tubetto B, e quanta maggiore è la pressione ch'essa sopporta per effetto del vapore imprigionato, tanto più in alto essa si spinge in forma di zampillo.

la gravosa condizione di sollevar l'acqua dopo averla riscaldata. Però di tutto questo Salomone di Caus non si diede pensiero per la semplice ragione ch'egli era ben lontano dal voler inventare una macchina. Egli descrisse questo piccolo apparecchio come oggetto di semplice dimostrazione, come una semplice esperienza di fisica, ed infatti ei lo descrisse nel capitolo consacrato ai teoremi e non in quello dedicato alle macchine, che pur trova posto nel suo trattato.

Convien poi notare che, quand'anche l'apparecchio testè accennato potesse essere vantato qual primo embrione di macchina a vapore, non ne spetterebbe il merito a Salomone di Caus; poichè 14 anni prima del suo trattato, il filosofo napoletano Giambattista Porta (1) stampava (1601) un'opera latina: *Pneumaticorum libri tres*, in cui trovasi la descrizione di un piccolo apparato avente per iscopo di determinare in quanto di aria si risolva una parte di acqua. A questo scopo egli trae partito della pressione che esercita il vapore sull'acqua contenuta in un piccolo serbatoio. Nè lo stesso Porta vuole attribuirsi il vanto d'aver inventato il modo di sollevar l'acqua col mezzo del calore: ei non presenta questo fatto come suo, ma dice averlo attinto fra le cognizioni volgari e lo cita quale mezzo atto a stabilire sperimentalmente la verità ch'egli ricerca. Questo fatto, si vede, era conosciuto universalmente e da gran tempo: fin nell'opera di Erone si trovano più di venti apparecchi che sovr'esso si fondano: però tutti i fisici d'allora ne ignoravano la causa.

(1) Un cenno biografico di G. Porta, fu pubblicato nella Parte I a pag. 331. Qui ne diamo il ritratto, tolto da una stampa antica.

Fig. 37. Giambattista Porta

La fortuna di Salomone di Caus non sorse adunque pei suoi scarsi meriti scientifici; se il mondo lo ha esaltato e proclamato un genio di primo ordine che seppe intravvedere in quei tempi caliginosi l'invenzione della macchina a vapore divulgatasi di lì a due secoli, ciò è dovuto esclusivamente ad uno strano capriccio della fortuna, che ora diremo. Il distinto pittore francese Gavarni doveva approntare un disegno d'illustrazione ad una novella destinata a comparire nel periodico parigino il *Musée des familles*; il disegno non venne

in tempo; la novella, come talvolta accade nelle redazioni dei giornali, non poteva ritardare ed esci senza l'illustrazione: cosicchè questa rimase senza scopo nel magazzeno della redazione. Onde utilizzarla si pregò uno dei collaboratori a rintracciare qualche argomento letterario che potesse servire di testo esplicativo; detto fatto, il signor Berthoud con la fervida sua fantasia imaginò una lettera ch'ei suppose scritta il 3 febbraio 1641 da una celebre cortigiana, Marion Delorme, ed indirizzata al di lei amante Cinq Mars. Essa racconta in quella lettera d'aver fatta una visita all'ospitale dei pazzi a Bicêtre in compagnia del marchese di Worcester: che attraversando il cortile, si accorsero d'un pazzo furioso che si agitava dietro alle sbarre della sua cella e gridando continuamente voleva far sapere a tutti che egli era tutt'altro che pazzo, che l'avevano colà rinchiuso perchè aveva fatta un'importantissima scoperta, quella di far andare le vetture e vari meccanismi con la sola forza dell'acqua bollente; il marchese, così terminava la lettera, mostrò molto interesse per l'infelice che vedeva sì mal ricompensati i parti del proprio genio. E così il bel di-

segno di Gavarni potè essere pubblicato nel novembre 1834 unitamente alla lettera apocrifa, a grande edificazione del romanzieri, drammaturghi e pittori pei quali l'uomo di genio morente all'ospizio dei pazzi, l'inventore, il benefattore dell'umanità imprigionato per ordine del re, era un soggetto troppo bello per lasciarselo sfuggire.

La storia dei martiri della scienza avrebbe dedicata una pagina scritta a caratteri indelebili, a Salomone di Caus, se l'autore della lettera apocrifa non avesse spontaneamente raccontata la verità, a grande stupore di tutti.

Dopo d'allora si consultarono i vecchi registri municipali di Parigi, dai quali risultò nel modo più manifesto che Salomone di Caus, ben lungi dall'essere perseguitato godette favori dal governo, e quando mori in quella città nel 1626 esercitava le funzioni di ingegnere del re.

Messe le cose nella loro vera luce speriamo che non vi sarà più da ritornare su quest'argomento, e che l'assurda leggenda non occuperà più il posto d'un fatto storico.

I fisici non possedevano dugent'anni fa che imperfette e confuse notizie sulla vaporizzazione dei

Fig. 28. Eolipila di Branca.

liquidi, — notizie viziate per giunta da inesattissime interpretazioni teoriche che consistevano nell'attribuire all'aria riscaldata la maggior parte dei fenomeni derivanti dall'espansione del vapore acqueo. I tenui effetti meccanici rivelati dalla volgare osservazione e relativi alla forza elastica del vapore, avevano in mira esclusivamente delle applicazioni insignificanti o ridicole.

Un padre Leurechon, gesuita lorenese, pubblicò nel 1626, sotto il titolo di *ricreazioni matematiche*, un'opera che porge un'imagine fedele dello stato delle cognizioni o meglio dell'ignoranza in fatto di fisica e meccanica nel XVII secolo. Il piccolo apparecchio già indicato col nome di *eolipila*, attraeva costantemente l'attenzione dei fisici del tempo. Quel padre gesuita lo descrive e poi soggiunge: «taluni fanno mettere sulla bocca dell'eolipila un tubo più volte ripiegato onde imitare, mercè il vapore che ne esce, il rumore del tuono; altri applicano un leggero molinello in faccia al foro da cui esce il vapore, che così lo mette in movimento.... » Codeste applicazioni puerili mostrano bastantemente quale e quanta parte avessero allora nella scienza le nozioni relative all'impiego del vapor acqueo.

Giovanni Branca (1), architetto della chiesa di Loreto, che lasciò alcune opere d'architettura e di meccanica, pubblicò in Roma nel 1629 una raccolta intitolata *Le Macchine*, dove descrive le macchine principali in uso ai suoi tempi. Branca dichiara non essere l'inventore delle macchine ch'ei descrive; egli ha fatta codesta pubblicazione per invito de' suoi amici, e non può dare i nomi degli autori dei diversi apparecchi disegnati nella sua raccolta, perchè non li conosce. L'unita figura che ricaviamo dall'opera in discorso è invocata a

(1) Nato a S. Angelo di Pesaro il 22 aprile 1571.

favore di Branca, e gli fruttò l'onore d'essere da taluno proclamato inventore della macchina a vapore. L'apparecchio di Branca (fig. 38) è un'eolipila così composta:

« Un busto di statua metallica, cavo internamente, vien posto sovra un focolaio; un foro superiore B, che può essere chiuso ermeticamente mediante una vite, serve ad introdurre dell'acqua nel busto. In grazia del fuoco acceso sotto al busto metallico, l'acqua in esso contenuta sviluppa vapore che trova aperta un'uscita soltanto; al foro praticato nella bocca del busto è applicato un tubo C; questo tubo dirige il vapore, che mano mano si sviluppa dall'acqua bollente, contro i truogoli d'una ruota orizzontale D. Questa, mercè un rocchetto E ed una ruota dentata H G, mette in movimento due pestelli M N, O P per mezzo dei due denti o bocciooli K ed E. « Codesti pestelli, dice Branca, schiaccieranno la polvere da cannone od altra materia a piacimento. »

Convien credere che se mai quest'apparecchio fu adoperato, lo fu per altre materie e non per la polvere, che sarebbe stata troppo esposta a pericoli trovandosi in tanta vicinanza del fuoco. — Comunque sia, l'eolipila di Branca non presenta la menoma analogia con le moderne macchine a vapore che si fondano sulla forza elastica del vapore acqueo contenuto in uno spazio chiuso, mentre qui si tratta soltanto del semplice effetto di impulsione prodotto da una corrente di vapore. Una corrente d'aria, spinta da un mantice verso i truogoli della ruota, produrrebbe lo stesso effetto. Tanto è vero che lo stesso Branca descrive in altra parte della sua raccolta, una macchina analoga alla precedente, nella quale però l'aria calda è sostituita al vapore. Una ruota a truogoli è posta in sommità del fumaiuolo d'un camino; mentre questo funziona, una corrente d'aria calda vi ascende ed incontrandosi con la ruota suddetta la fa girare; alcuni ingranaggi comunicano il moto di questa ruota a qualche congegno destinato ad utilizzarne il movimento (1).

Ed anco quest'insignificante applicazione dell'eolipila venne rivendicata da Roberto Stuart, nella sua *Storia descrittiva della macchina a vapore*, a favore d'un suo compatriota: Giovanni Wilkins, vescovo di Chester, cognato di Cromwell. Questo prelato, resosi abile nelle scienze fisiche e matematiche, pubblicò un'opera intitolata *Mathematical Magic*, nella quale fa così menzione dell'eolipila:

« Si possono impiegare in vari modi le eolipile, tanto come trastullo, quanto per gonfiare e spingere delle vele applicate ad una ruota posta nell'angolo d'un caminetto, e questa ruota potrebbe mettere in movimento un girarrosto ».

Da codesta applicazione tanto insignificante dell'eolipila, si può cavare la conclusione che a quei tempi si era ben lontani dall'intravvedere che un giorno il vapore acqueo avrebbe servito a ben altra cosa; a quei giorni lo si adoperava come un trastullo, mentre in oggi esso può dirsi il punto di partenza d'una benefica e colossale riforma della società.

Per finirla coi supposti inventori della macchina a vapore dobbiam parlarvi per ultimo del marchese di Worcester. Interrogate un cittadino qualunque della Gran Bretagna, sia nell'officina, sia nella capanna, sia in società, e tutti vi diranno ad una voce che la macchina a fuoco fu inventata dal marchese di Worcester che viveva ai tempi di Cromwell. Non un autore inglese tratta di quest'argomento senza porgere parole di omaggio al nobile inventore. Questi pubblicò a Londra nel 1663 un'opera intitolata *Centuria di invenzioni*, nella quale con stile oscurissimo dava una breve spiegazione e talvolta semplicemente l'enunciato di cento macchine, invenzioni o scoperte ch'egli si attribuiva.

Alla sessant'ottesima invenzione ei dice:

« Ho inventato un mezzo altrettanto mirabile quanto potente per sollevare l'acqua mediante il fuoco, mezzo che può dirsi senza limiti, purchè il vaso sia bastovolmente forte. Preso un pezzo di cannone, lo riempii per tre quarti d'acqua, e chiusane ermeticamente con viti la bocca ed il focone, mantenni costantemente acceso un vivo fuoco tutto intorno al cannone; in capo a ventiquattr'ore il cannone scoppiò con gran fracasso.

« Avendo allora trovato il modo di costruire vasi in guisa che sono consolidati dalla forza interna e che si riempiono l'un dopo l'altro, vidi l'acqua zampillare, come da una fontana, con un getto continuo alto quaranta piedi. Un vaso d'acqua rarefatta dall'azione del fuoco ne fa salire quaranta d'acqua fredda. L'uomo incaricato della sorveglianza della macchina non ha altro a fare senonchè girare due rubinetti in modo che, quando uno dei due vasi è esausto, esso si riempie d'acqua fredda, mentre l'altro incomincia ad agire, e così di seguito, purchè il fuoco sia costantemente acceso, il che può esser fatto con tutto comodo dalla stessa persona che ha l'incarico di aprire e chiudere i rubinetti. »

Il lettore vorrà spiegazione di queste confuse

(1) Cardano, celebre filosofo e matematico, nato in Milano nel 1501 (Vedi Parte I, pag. 116), aveva già descritta una macchina quasi analoga chiamandola *macchina a fumo*. Era formata di lastre di ferro tagliate e disposte similmente a quelle dei molini a vento, intorno ad un asse girevole; codesta ruota veniva collocata orizzontalmente nel fumaiuolo. Generalmente si attribuiva al fumo la causa del movimento di questa macchina; ma Cardano osservò che sarebbe meglio attribuirne la causa alla fiamma.

parola e si lusingherà trovarne il commento nel seguito dell'opera del marchese, ma questi credendo aver già detto abbastanza, null'altro scrisse in sua vita intorno alle applicazioni del vapore. — leggendo il brano da noi riferito, si può cavare questa sola conclusione: l'autore riconobbe sperimentalmente che un cannone pieno d'acqua e chiuso ermeticamente può scoppiare sotto l'azione prolungata del calore. Fenomeno ben noto ancor prima (1). — La descrizione poi della macchina, quale l'abbiam testualmente riferita, è affatto incomprensibile, e non potè essere favorevolmente interpretata senonchè da coloro che, animati da passione patriotica, volevano a tutti i conti trarne delle conclusioni altamente onorifiche pel marchese

È singolare poi il modo con cui si venne ad attribuire l'invenzione della macchina a fuoco al confuso autore della *centuria d'invenzioni*.

Quando sul principio del XVIII secolo si costrussero in Europa le prime macchine a vapore, sorsero animate discussioni fra i meccanici che reclamavano, ciascuno per proprio conto, la priorità dell'invenzione. Il capitano Savery, che come vedremo in appresso, costrusse la prima macchina a vapore impiegata nell'industria, voleva attribuirsi tutto il merito dell'invenzione. Dionigi Papin, informato di queste pretese, scrisse immediatamente onde stabilire i suoi diritti di priorità; a quei tempi ei viveva in Germania, poichè l'ingresso in Francia gli era vietato, non volendo egli abiurare alla religione riformata.

Un dotto e pio abate che viveva allora in Orléans, per nome Giovanni Hautefeuille, grande amatore della meccanica e che avremo occasione di menzionare in appresso, non poteva sopportare tranquillamente il pensiero di vedere impartito ad un eretico l'alto onore derivante da sì grande invenzione, e si diede quindi a contestare i diritti di Papin. Gl'inglesi si immischiarono nella polemica, e dissotterrarono l'opera ignota o disprezzata del marchese di Worcester. Codesto intervento, che sembrava mettere d'accordo le parti, pose fine alla disputa, e la vittoria rimase a favore del genio britannico.

E quel povero abate di Hautefeuille, che credeva togliere un vanto ad un eretico, contribuì al trionfo del marchese di Worcester che essendo inglese non era meno eretico di Papin; e così, senza recare alcun guadagno alla sua religione, l'abate spossessò la sua patria della gloria che le spettava.

Però nella stessa Inghilterra, vi ebbe ultimamente uno storico, lo Stuart già menzionato, che provò la nullità delle pretese del marchese di Worcester. Egli ha pure posto in dubbio che sia mai stata fatta da costui l'esperienza del cannone esploso, e narrò la sua vita di uomo politico senza cervello e di meccanico chimerico. Ma ci vuol molto tempo prima che la storia severa distrugga le vaghe leggende; e noi sentiremo ancora gl'inglesi giurare sul marchese di Worcester.

V.

Risorgimento della fisica. — Il barometro inventato da Torricelli. — La macchina pneumatica inventata da Ottone di Guericke. — Pressione atmosferica. — Esperienza degli emisferi cavi di Magdeburgo. — Mancanza d'un motore universale. — Lieti pronostici ricavati dalle esperienze di Ottone di Guericke.

La fisica moderna data, come abbiam detto, dalla morte di Galileo. Parrebbe quasi che le scienze aspettassero la morte di questo grande filosofo per assumare lo sviluppo ch'esse risentirono dal genio di lui. L'invenzione del barometro, dovuta a Torricelli, segnò il primo passo della fisica nascente (1). A quest'invenzione tenne dietro l'altra non meno importante della *macchina pneumatica* costrutta da Ottone di Guericke, borgomastro di Magdeburgo (2). Mercè questa macchina, che permetteva di vuotar d'aria un recipiente, Ottone di Guericke

(1) Il signor Delécluze pubblicò nel 1841 nel giornale l'*Artiste* un abbozzo ritrovato fra le carte di Leonardo da Vinci ove è rappresentato uno strumento cui questo illustre italiano dà il nome di *architruono*. Codesto strumento fondavasi sulla potenza esplosiva del vapore d'acqua imprigionato, il quale agiva producendo l'esplosione dello strumento in mille pezzi.

(1) Vedi in proposito l'articolo relativo al barometro nella Parte I.

(2) Vedi nella Parte I l'articolo relativo alla macchina pneumatica.

dimostrò ai più increduli il peso dell'aria atmosferica e l'enorme pressione che essa esercita sopra tutti i corpi ch'essa circonda. Egli istituì una celebre *esperienza*, che fin d'allora fu detta degli *emisferi di Magdeburgo;* questa chiamò ben presto l'attenzione degli studiosi sui potenti effetti della pressione atmosferica, invogliandoli ad utilizzarla nella meccanica.

Crediamo opportuno richiamare alla mente del lettore, tanto il valore della pressione atmosferica quanto la citata esperienza degli emisferi di Magdeburgo, da noi già descritta minutamente (1).

L'aria, nella quale ci muoviamo senza incontrare ostacolo (poichè essa ci preme in tutti i sensi), esercita tuttavia un'enorme pressione sulla superficie dei corpi, coi quali essa è a contatto. Questa pressione diminuisce tanto più quanto più in alto si sale nell'aria, ascendendo, ad esempio, sui fianchi d'una montagna o montando in un aerostato. Nei paesi posti a livello del mare, l'aria atmosferica esercita l'enorme pressione di *un chilogramma e trentatre grammi* sopra ogni centimetro quadrato di superficie esposta all'aria; la pressione esercitata dall'aria atmosferica sulla superficie di un metro quadrato (pari a diecimila centimetri quadrati) risulta quindi di *diecimila trecento trenta chilogrammi*.

Per dimostrare, sperimentalmente, quest'enorme pressione Ottone di Guericke prese due emisferi — o mezze sfere — cavi, di rame, coi labbri spalmati di sego; uno dei due emisferi era munito di un rubinetto ed entrambi portavano un anello che permetteva di accostare o di allontanare i due emisferi. Accostati i due emisferi e posti a perfetto contatto l'uno dell'altro, si apriva la chiave del rubinetto ed al tubo di quest'ultimo si applicava la macchina pneumatica, col cui mezzo si estraeva successivamente tutta l'aria contenuta nella capacità dei due emisferi. Trovandosi questi a perfetto contatto e per di più essendo spalmati di sego nei punti di combaciamento, riesciva impossibile all'aria esterna di penetrare in quella capacità, che per conseguenza rimaneva vuota. Chiuso il rubinetto, smontata la macchina pneumatica e tirati in senso opposto i due anelli, non si riesciva a staccare i due emisferi, senonchè esercitando uno sforzo grandissimo — che doveva essere tanto maggiore quanto più grande era la superficie degli emisferi esposta alla pressione dell'aria; poichè, come avrete compreso, la pressione dell'aria che prima esercitavasi sulle due facce, esterna ed interna dei due emisferi, si esercitava poi soltanto sulla faccia esterna degli stessi dal momento che tutta l'aria contenuta nella cavità degli emisferi, era stata estratta dalla pompa.

Il primo apparecchio di simil genere costruito da Ottone di Guericke aveva in diametro tre quarti d'auna di Magdeburgo. Appeso l'apparecchio, mercè l'anello superiore, ad un punto fisso (fig. 40), l'altro anello reggeva un peso di duemila seicento ottantasei libbre (1315 chilogrammi) senza che ciò producesse il distacco dei due emisferi, e non vi si riesciva neppure attaccando, in direzione opposta, un paio di cavalli a ciascuno dei due anelli; — bastava però aprire il rubinetto applicato agli emisferi perchè tosto l'aria esterna andasse ad occupare l'interna cavità di quegli emisferi; le manine d'un fanciullo sarebbero allora bastate per staccare l'uno dall'altro i due emisferi.

Ottone di Guericke costrusse poscia due altri emisferi aventi un'auna (m. 1,19) di diametro: e fatti attaccare otto cavalli a ciascuno dei due anelli (fig. 41) mostrò al pubblico stupefatto che i sedici cavalli non bastavano a vincere la pressione atmosferica che obbligava l'un contro l'altro i due emisferi.

Ei variò poi in mille modi questa evidente dimostrazione del peso dell'aria e dei suoi effetti meccanici.

Mentre trovavasi a Ratisbona, chiamatovi dal suo ufficio di consigliere dell'elettore di Brandeburgo, eseguì in presenza del principe d'Anerberg, inviato dell'imperatore, una esperienza che merita d'essere ricordata.

Preso un cilindro cavo, munito di fondo e superiormente aperto (fig. 42), vi praticò verso l'estremità inferiore un foro ed applicò a questo un tubetto, mercè il quale potevasi stabilire la comunicazione fra la capacità del cilindro e la capacità del recipiente di vetro della sua macchina pneumatica, nel qual recipiente egli aveva già praticato il vuoto. Nell'interno di questo cilindro, stabilmente fissato ad una colonna di legno, poteva scorrere uno stantuffo, il cui gambo era munito d'un anello: una corda attaccata a quest'anello passava sopra una puleggia e andava a terminare nelle mani di venti individui che avevano per incarico di tirare quella corda. Così disposte le cose, Ottone aperse il rubinetto del suo recipiente di vetro; allora tutta l'aria contenuta nel cilindro precipitossi con violenza nel recipiente che, come abbiam detto, era vuoto, e lo stantuffo, che superiormente trovavasi premuto dall'atmosfera, mentre inferiormente (cioè in sua faccia che guardava l'interno del cilindro) non subiva pressione alcuna discese violentemente spinto dalla pressione atmosferica, e fu tanta la violenza del colpo che i venti individui che rattenevano la corda et trovarono

(1) Parte I, pagina 68.

per un istante sollevati nell'aria. La fig. 42, rappresentante questa bella esperienza, è tratta dall'opera latina *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*, pubblicata nel 1672 da Ottone di Guericke.

In detta figura vedesi in particolare sulla sinistra il cilindro metallico che si vuota d'aria quando si apre il rubinetto che lo mette in comunicazione col recipiente vuoto, e più verso destra vedesi separatamente lo stantuffo che abbassandosi nel cilindro, per effetto della pressione atmosferica, trascina seco la corda.

Non senza grave motivo tutti gli scienziati di Europa seguivano con vivo interesse le esperienze che si eseguivano in Germania, per dimostrare i sorprendenti effetti della pressione atmosferica, e non senza ragione noi siamo entrati in codesti particolari. La trasformazione sociale incominciata già da un secolo aveva dato nuovo impulso a tutte le industrie. Però mancava ancora l'anima al gran corpo che stavasi organizzando; l'industria non possedeva un motore, o si avevano soltanto dei motori insufficienti. La forza degli uomini e dei cavalli, la potenza del vento, l'azione dei torrenti

Fig. 39. Il marchese di Worcester fa scoppiare un cannone grazie alla forza del vapor acqueo.

e dei fiumi, insufficiente in molti casi rispetto all'intensità della forza motrice, mancava completamente in molte località o non poteva essere impiegata comodamente ed economicamente pei bisogni dell'industria. Or quando, in queste condizioni, l'attonita Europa apprese dalle scoperte di Torricelli e di Pascal che *ogni decimetro quadrato* (impieghiamo le misure moderne per renderci più chiari) *di superficie* di tutti i corpi esistenti sulla terra *sopporta, in causa della pressione atmosferica, un peso equivalente a più di cento chilogrammi*, e quando vide Ottone di Guericke ritrovare un mezzo pratico per annullare in un dato istante la resistenza che si oppone alla manifestazione di questa forza, sorse naturalmente la speranza di veder comparire una prossima applicazione di questo fatto notevole. Tutti i fisici d'allora erano colpiti dalla grandezza dell'avvenire di quest'idea, tutti presagivano che le esperienze del borgomastro di Magdeburgo contenevano i germi d'una rivoluzione capitale nei mezzi industriali.

Quando col progresso dei tempi le scienze hanno raccolto un certo numero di fatti teorici, atti ad essere utilmente applicati ai bisogni degli uomini, è ben raro che non sorga al momento opportuno qualche ingegno potente che sappia trarre da quelle nozioni generali le conseguenze ch'esse racchiudono. L'uomo di genio, a cui era riserbato di fecondare le belle scoperte che siamo andati narrando, chiamavasi Dionigi Papin.

VI.

Dionigi Papin. — Esperienze da esso eseguite a Parigi con Huygens, a Londra con Boyle. — Il *digestore* di Papin e la gelatina. — La valvola di sicurezza. — Peregrinazioni di Papin.

Dionigi Papin nacque a Blois in Francia il 22 agosto 1647, da famiglia molto stimata, che apparteneva alla religione protestante. Era figlio di un medico, ed aveva per parente Nicola Papin, altro medico conosciuto per alcuni lavori scientifici. Non si sa nulla sulla sua infanzia, nè sugli avvenimenti della sua gioventù; sembra solamente che abbia sentito di buon'ora un gusto vivissimo per le scienze matematiche. L'educazione pubblica era allora, nella città di Blois, fra le mani dei gesuiti, che accordavano a quell'epoca una parte abbastanza grande allo studio delle scienze. I protestanti frequentavano qualche volta le scuole dei gesuiti; Papin ebbe a ricevere da essi le sue prime lezioni di matematica.

Fece i primi studi di medicina a Parigi, dove lo troviamo a ventiquattro anni, stabilitovi per esercitarvi la sua professione. Ma non tardò a volgere esclusivamente la sua mente ai lavori della fisica sperimentale e della meccanica applicata, grazie ad alcuni protettori potenti che favorivano il suo gusto per questo genere di studii.

Il celebre olandese Huygens (1) abitava allora la capitale francese, avendo acconsentito a stabilirsi in Francia, per istanza di Colbert, il quale, fondando l'Accademia delle scienze, lo aveva inscritto uno dei primi sulla lista dei suoi membri, e gli assegnava una forte pensione, con alloggio nella Biblioteca reale.

Papin prestava il suo aiuto a Huygens per le sue esperienze di meccanica, e divideva il suo alloggio. Ei doveva questa posizione vantaggiosa alla protezione della signora Colbert, donna di gran merito, originaria di Blois, ed a cui, secondo Bernier, « una infinità di persone di quel paese dovevano la loro fortuna ».

Dionigi Papin pubblicò la sua prima opera a Parigi nel 1674, sotto questo titolo: *Nuove esperienze intorno al vuoto, colla descrizione delle macchine che servono a produrlo.* Questo scritterello, che non esiste più a' giorni nostri, conteneva la descrizione di certe modificazioni di leggera importanza fatte alla macchina del borgomastro di Magdeburgo. Esso fu accolto con favore, fu presentato all'Accademia delle Scienze, ed il *Giornale degli scienziati* lo rimeritò di grandi elogi.

La carriera s'apriva dunque pel giovane fisico sotto i più felici auspici. Tuttavia un anno dopo e' lasciava d'improvviso la Francia per recarsi in Inghilterra.

Quale motivo poteva indurlo ad abbandonare la sua patria? Era forse caduto in disgrazia di Colbert? Oppure obbediva egli semplicemente a quell'umore vagabondo che lo fece chiamare da uno de' suoi contemporanei, *il filosofo cosmopolita?* È un mistero. Gli storici della fine del XVII secolo, dediti intieramente ai racconti degli intrighi delle corti o delle vicende guerriere, non consacrano una riga alle menti elette che impiegarono tutta la loro laboriosa esistenza a preparare all'umanità destini migliori, e che soventi ricevevano in compenso soltanto miseria ed oblio.

Fig. 40. Prima esperienza eseguita da Ottone di Guericke con gli emisferi di Magdeburgo.

(1) Vedi Parte I, pag. 306.

Poco tempo dopo il suo arrivo in Inghilterra, Papin ebbe la felice ispirazione di presentarsi a Roberto Boyle, l'illustre fondatore della Società reale di Londra. Boyle si decise ad associarlo ai suoi lavori.

« Nessuna posizione poteva meglio convenire ai gusti ed ai desideri di Papin. Roberto Boyle, uscito da cospicua famiglia irlandese, aveva rinunciato ai vantaggi che gli assicuravano le sue ricchezze, per dedicarsi interamente allo studio delle scienze. Aveva consacrati sei anni della sua gioventù a viaggiare sul continente, per perfezionare le sue cognizioni e fuggire lo spettacolo dei torbidi civili che straziavano la sua patria. Al suo ritorno in Inghilterra la lotta durava ancora fra il Parlamento e la corona; Boyle si ritirò nella sua terra di Stuldbridge, e nel seno del ritiro e della pace lungi dal tumulto delle città e dall'agitazione dei partiti, continuava i bei lavori che dovevano porlo in grado cotanto elevato nella riconoscenza e nell'ammirazione del suo paese.

Egli riuniva intorno a sè un certo numero di uomini distinti, che cercavano nella coltura delle scienze e delle arti un asilo contro le dissensioni esterne. Questa riunione, che portava il nome di *Collegio filosofico*, raccoglievasi sotto la sua direzione ora ad Oxford, ora a Londra.

Quando nel 1660 Carlo II montò sul trono d'Inghilterra, ei fondò cogli avanzi di questa riunione nomade la *Società reale di Londra*, ed affidò a Boyle l'incarico di organizzarla. L'illustre scienziato ricusò di presiedere questa società, respinse pure gli onori della patria per ripigliare il corso de' suoi lavori scientifici.

Boyle s'era occupato con buon esito in continuare le ricerche d'Ottone di Guericke intorno al vuoto ed alla pressione atmosferica; aveva pubblicate le sue esperienze sopra questo argomento, lasciando ad altri la cura di continuarle. Quando Papin arrivò in Inghilterra, e' pensava a riprenderle, ma non trovava nessuno per secondarlo. L'abilità di Papin, ed i suoi studi speciali sulla macchina pneumatica, rendevano il suo aiuto utile sotto ogni guisa: Boyle ammise dunque nel suo laboratorio il giovine fisico francese.

Cominciate l'11 luglio 1676 le esperienze che questi due fisici costituirono di concerto, furono continuate fino al 17 febbraio 1679. Fra queste esperienze giova citar quelle relative allo studio del vapore prodotto dall'acqua bollente, che in appresso dovevano portare i loro frutti fra le mani di Papin.

Boyle riconobbe con molta lealtà che i servigi di Papin gli erano utilissimi, e proclamò la grande abilità del fisico francese nella costruzione e nel maneggio degli apparati di fisica. Grazie a questi titoli, Boyle fece aprire a Papin le porte della *Società reale di Londra*.

Poco dopo, nel 1681, Papin fece conoscere per la prima volta, in un'opera scritta in inglese, sotto il titolo di *New Digester*, l'apparecchio che ricevette il nome di *digestore* o *pentola di Papin*. Quest'è una pentola di metallo, molto robusta, chiusa ermeticamente dal coperchio, allo scopo di impedire l'uscita al vapore che si sviluppa, quando la pentola, parzialmente piena d'acqua, è esposta al fuoco. Il *digestore*, secondo Papin, permetteva di cuocere le carni in poco tempo e con poca spesa, migliorandone anco il sapore. Ei dava nello stesso tempo il mezzo di ammollire le ossa, vale a dire di trasformarle in una sostanza che ricevette ai nostri giorni il nome di *gelatina*. Per tal modo Papin insegnava a ricavare materia nutritiva anche da quelle parti degli animali che prima venivano abbandonate siccome inutili.

Questo apparecchio, che fu rinnovato a' nostri giorni sotto il nome di *autoclave*, non mantiene tutte le promesse dell'inventore; le carni cotte con questo mezzo acquistano sapore ammoniacale. Per cui, quantunque Leibnitz abbia detto in una sua lettera: « Un mio amico mi scrive aver mangiato un pasticcio di piccioncini preparato di tal guisa dal digestore, ed averlo trovato eccellente », è permesso contestare l'utilità gastronomica di questo sistema.

La pentola di Papin era munita di un apparecchio conosciuto a' nostri giorni sotto il nome di *valvola di sicurezza*, e che costituisce uno degli organi più importanti delle macchine a vapore. Tutti s'accordano nel concedere la più alta importanza alla scoperta di questo apparecchio, ch'è riguardato come il preludio dei lavori di Papin sul vapore. A rischio di aver l'aria di sostenere un paradosso, noi oseremo, dice il Figuier, separarci anche su questo punto dall'opinione comune, e siccome ci piace appoggiare sopra testi autentici i principali fatti esposti in questa notizia storica, citeremo il brano originale del libro di Papin sul *digestore*. Si vedrà che la valvola di sicurezza ha un'origine molto più umile che non si creda.

Papin comincia col dare la descrizione del suo *digestore*. L'apparecchio si compone di due cilindri vuoti rientranti l'uno nell'altro, il primo, a pareti metalliche grossissime, racchiude l'acqua che si deve convertire in vapore; il secondo, più piccolo, serve a contenere le carni. Il tutto è chiuso da un grosso coperchio metallico che combacia perfettamente cogli orli del cilindro, ed è fissato con viti solidissime. Quando si vuol operare il *digestore*, lo si mette sopra un fornello acceso.

La nostra figura 43 rappresenta il *digestore* o *pentola di Papin*, come la si costruisce oggidì per mostrare nei corsi di fisica la considerevole pressione esercitata dal vapore. — S è la valvola di sicurezza, C il corpo del cilindro esterno.

La pentola di Papin è dunque una specie di bagno-maria, nel quale il vapore che mano mano si sviluppa dall' acqua bollente trovasi imprigionato in uno spazio chiuso, e non può quindi uscirne. Dopo aver data la descrizione della sua pentola, Papin aggiunge:

« Questa macchina è, senza dubbio, semplicissima e poco soggetta a guastarsi, ma dessa è incomoda in quanto che non si può guardarci dentro così comodamente come in una pentola ordinaria; e siccome fa più o meno effetto secondo che l'acqua che vi si contiene si trova più o meno compressa, e siccome quest'effetto varia eziandio a seconda che il calore sviluppato dal

Fig. 41. Celebre esperienza istituita nel 1650 da Ottone di Guericke per dimostrare l'energia della pressione atmosferica.

fornello è più o meno intenso', così potrebbe succedere qualche volta che voi ne ritiriate la vostra carne prima che sia cotta, ed altre volte che la lasciate bruciare: stimai però necessario rintracciare il modo di conoscere e la quantità di pressione che trovasi nella macchina ed il grado di calore.

« Basta fare un piccolo tubo aperto dai due capi, saldarlo ad un buco fatto nel coperchio, ed applicare all'apertura superiore di questo tubo una piccola valvola, guernita di carta, che chiuda esattamente ».

Per conoscere il grado della pressione del vapore, Papin chiudeva questa valvola con una piccola verga di ferro, che, fissata ad una delle sue estremità ad una cerniera, portava all'altra estremità un peso mobile alla guisa del romano della stadera. Egli aveva determinata la pressione di vapore necessaria a sollevare questo peso.

« Dimodochè, aggiunge egli, quando la valvola lascia sfuggire qualche cosa, io conchiudo che la pressione nel bagno-maria è circa otto volte più forte della pressione dell'aria, dacchè può sollevare, non solo il peso che resiste a sei pressioni, ma anche la verga che provai resistere a due; e così, aumentando o diminuendo il peso, o cambiandolo di posto, io conosco sempre, ad un dipresso, l'intensità della pressione del vapore nell'interno della pentola ».

Papin aveva dunque imaginata la leva e la valvola soltanto per *sapere ciò che accadeva nell'interno della pentola*, e per vegliare all' esatta cottura delle carni. Variando la posizione occupata dal peso mobile, sul braccio del romano, e' conosceva approssimativamente il grado di pressione cui si trovava sottoposta la carne messa nel bagnomaria. A quell'epoca, infatti, egli era lungi ancora

dal pensare a fabbricare una macchina fondata sulla forza elastica del vapore; e neppur più tardi, quando rivolse i suoi sforzi a utilizzare in una macchina la forza espansiva del vapor acqueo, ei non pensò a munire la sua macchina con la valvola di sicurezza. Nella sua celebre memoria del 1690, in cui dà la descrizione della prima macchina a vapore, ei non fa neppur menzione della valvola di sicurezza. L'idea di applicare tale strumento per prevenire l'esplosione della caldaia di una macchina a vapore, gli venne appena nel 1707, cioè diciassette anni dopo la pubblicazione di quella memoria. Fu il fisico Desaguliers che trasportò il primo nella pratica questa idea di Papin. Nel 1717 Desaguliers applicò, in Inghilterra, ad una macchina di Savery, la valvola del *digestore* di Papin, che quest'ultimo aveva proposto nel 1707 come un mezzo di mettersi al riparo dalle esplosioni, a cui questa macchina dava luogo.

La costruzione del *digestore* non esercitò dunque veruna influenza sulla invenzione della macchina a vapore; e se pur vi contribuì in qualche modo, fu solamente famigliarizzando l'inventore coll'uso pratico del vapor acqueo.

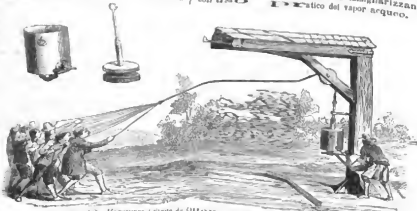



Fig. 42. Esperienza istituita da Ottone di Guericke nel 1654.

L'umore vagabondo di Papin lo fece disertare nel 1681 anche dal suolo ospitale che lo aveva ricevuto, e, come aveva abbandonata la Francia per l'Inghilterra, così abbandonò l'Inghilterra per l'Italia.

Il cavaliere Sarroti, segretario del Senato di Venezia, aveva appena fondata in questa città, per ordine del Senato, una nuova accademia, che mirava al perfezionamento delle scienze e delle lettere, « con una spesa ed una generosità straordinarissime, » dice Papin. Sarroti offrì al fisico francese una posizione in questa società, e Papin accettò, alquanto leggermente.

Soggiornò più di due anni a Venezia, occupato quasi senza posa a fare esperienze di fisica. I suoi lavori gli procurarono grande riputazione in Italia. Ma nello stesso tempo che la sua fama aumentava, diminuivano ogni giorno le sue risorse, e venne un giorno in cui, disperando trovare in Italia la posizione vantaggiosa su cui aveva contato, dovette pigliare il partito di lasciare il cavaliere Sarroti ed i suoi accademici.

Lasciando Venezia, Papin ritornò direttamente in Inghilterra, sperando raccoglierví gli avanzi del suo credito e della sua prosperità. Ma le sue lunghe peregrinazioni avevano raffreddato lo zelo degli amici, e tutto ciò ch'egli potè ottenere, fu di entrare in qualità di pensionario nella Società reale. E fu incaricato di eseguire le esperienze ordinate dall'accademia, e di copiarne la corrispondenza. Per tutto compenso riceveva lo stipendio di 62 franchi al mese.

Durante questo secondo soggiorno in Inghilterra, Papin concepì ed eseguì la prima macchina che doveva metterlo sulle traccie della sua scoperta delle applicazioni del vapore.

VII.

Macchina a doppia pompa pneumatica, proposta da Papin per utilizzare la forza delle acque correnti. — Macchina animata dall'esplosione della polvere da cannone. — Vuoto ottenuto dalla condensazione del vapor acqueo. — Prima macchina a vapore, ideata e costrutta da Papin. — Imperfezioni che ne incagliarono l'applicazione. — Scoraggiamento dell'inventore.

Abbiamo già insistito sull'importanza che, sulla fine del XVII secolo, si attribuiva all'impiego meccanico della pressione dell'aria. In questa si vedeva il mezzo di dotare l'industria del motore che le mancava.

Fino all'epoca delle ricerche che egli aveva effettuate con Boyle sulla macchina pneumatica, Papin nutriva più particolarmente questo grande pensiero, e credette aver trovato il modo di realizzarlo, impiegando, come motore diretto, una gran macchina pneumatica.

Tale era il suo programma, quando nel 1687 presentò alla *Società reale di Londra* il modello d'una macchina destinata a *trasportare da lungi la forza dei fiumi.*

Per renderci conto dell'azione di questa macchina, imaginiamo un largo cilindro verticale, aperto superiormente, sostenuto da una tavola di metallo nella quale è praticato un foro che potrà venir chiuso o mantenuto aperto, a piacere, girando un rubinetto.

In questo cilindro introduciamo uno stantuffo, vale a dire una piastra circolare massiccia che chiuda esattamente il cilindro e possa muoversi su e giù da un capo all'altro del cilindro. Supponiamo che questo stantuffo sia ora a metà altezza all'incirca del cilindro; diremo *camera superiore* del cilindro quella parte di cilindro che sta fra la bocca e la faccia superiore dello stantuffo, e diremo analogamente *camera inferiore* del cilindro la porzione compresa fra la faccia inferiore dello stantuffo e la tavola di metallo sostenente il cilindro. Avvertiamo che il cilindro è superiormente aperto e perciò è ripieno d'aria atmosferica; questa premerà, dall'alto al basso, la faccia superiore dello stantuffo e lo solleciterà a discendere, ma d'altra parte l'aria che sta al disotto dello stantuffo, nella capacità inferiore del cilindro, tenderà colla sua reazione a produrre il movimento inverso. Questa seconda forza sarà eguale alla prima se il robinetto è aperto, poichè i gas, e quindi anche l'aria atmosferica, premono egualmente in tutti i sensi. Lo stantuffo sarà quindi sollecitato da due forze opposte che si faranno equilibrio. Lo stantuffo discenderà tuttavia, non già per la pressione atmosferica, ma in virtù del proprio peso; si potrebbe quindi impedire la discesa dello stantuffo applicandovi opportunamente un contrappeso un pochino più pesante dello stantuffo; questo contrappeso farà anzi salire lo stantuffo fino alla sommità del cilindro. Supponiamo adunque lo stantuffo giunto in quella posizione estrema. Cerchiamo il modo di farlo discendere

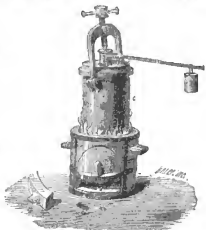



Fig. 43. Pentola di Papin.

con gran forza e di ricondurlo poscia fino alla sommità del cilindro.

Chiuso il robinetto inferiore, poniamo che ci riesca ad annullare, *tutto d'un tratto,* tutta l'aria racchiusa nel cilindro, o in altre parole poniamo che nel cilindro si pratichi il vuoto. In tal caso lo stantuffo non subirà pressione alcuna dal sotto in su, mentre la faccia superiore sarà ancora premuta — dall'alto al basso — dall'aria atmosferica; perciò lo stantuffo *scenderà rapidamente.* Compiuta questa discesa, apriamo il robinetto. L'aria rientrerà nella capacità inferiore del cilindro e

ritornerà a premere dal sotto in su la faccia inferiore dello stantuffo; lo stantuffo sarà quindi premuto tanto da una parte quanto dall'altra, e rimarrebbe immobile se non vi fosse il contrappeso; ma il contrappeso, secondo ciò che abbiam già detto, farà risalire nuovamente lo stantuffo fino al punto più alto della sua corsa, ossia fino in sommità del cilindro, e tutto rientrerà nello stato iniziale. Estraendo nuovamente tutta l'aria dalla capacità inferiore del cilindro, lo stantuffo dovrà necessariamente discendere; aprendo poscia il rubinetto, lo stantuffo dovrà risalire; e così via.

In tal caso il vero motore del sistema sarebbe il peso dell'aria, come nella strada ferrata atmosferica, sulla quale abbiam già chiamata l'attenzione del lettore (1).

Per vuotar d'aria quel cilindro, Papin adoperava una gran macchina a doppia pompa pneumatica, i cui stantuffi venivano messi in movimento — mercè opportune combinazioni meccaniche — dalla forza sviluppata dalle cadute d'acqua nei fiumi (2).

Il principio su cui fondasi questa macchina non ammette obbiezioni; tuttavia, quando nel 1687, Papin volle esperimentarla in presenza della *Società reale di Londra*, essa diede risultati poco favorevoli attese le imperfezioni dell'apparecchio, le quali non permettevano di mantener vuoto il cilindro e rendevano lentissimo il movimento di va e vieni dello stantuffo.

Papin aveva fondato grandi speranze sulla felice riuscita del suo apparecchio; questo scacco le distruggeva per sempre. Il suo soggiorno in Italia aveva assorbito lo scarso suo patrimonio, e la retribuzione di sessantadue franchi al mese, ch'ei riceveva dalla *Società reale*, era assolutamente insufficiente ai suoi bisogni. E' rivolse allora il suo pensiero verso la Francia; ma le porte della sua patria gli erano chiuse. L'impolitica ed iniqua revoca dell'editto di Nantes, fatta nel 1685, colpiva nei loro averi e nei loro diritti i protestanti francesi. L'esercizio della medicina, della chirurgia e della farmacia era vietato, da quell'editto, ai membri della religione riformata.

Papin avrebbe potuto far cadere con una sola parola le barriere che lo separavano dal suo paese: entrare nell'Accademia delle Scienze dove il suo posto era già da lunga pezza fissato, e ricavare anch'egli i trattamenti lusinghieri che si prodigarono, tre anni dopo, a suo cugino Isacco Papin, a cui l'esilio fece piegare il coraggio, e che abiurò il protestantismo, nel 1690, fra le mani di Bossuet. Ma Dionigi preferì un esilio eterno all'umiliazione d'un'abiura.

Nel 1687 il langravio Carlo, elettore d'Assia, gli offrì una cattedra di matematica a Marburgo. Malgrado le preoccupazioni della politica e della guerra, questo principe illuminato s'era sempre compiaciuto nel seguire ed incoraggiare i lavori scientifici. Papin s'affrettò ad accettare l'offerta dell'elettore, ed arrivato a Marburgo, cominciò le sue lezioni pubbliche di matematica. Questa nuova professione, cui era poco inclinato, gli cagionò sul principio alcune noie ed alcune difficoltà. Ciò nullameno riprese ben presto i suoi lavori abituali.

L'applicazione del vuoto e della pressione atmosferica, utilizzata direttamente come forza motrice nell'apparecchio a doppia pompa pneumatica, aveva mal corrisposto alle speranze di Papin. Ei si lusingò di meglio raggiungere la meta cambiando il modo di produzione del vuoto.

Fig. 44. Cilindro di Huygens

Fino da quando assisteva Huygens nelle sue ricerche intorno alla polvere da cannone, Papin avea potuto apprezzare alcuni vantaggi e riconoscere i difetti d'un apparecchio che era il perfezionamento d'altro apparecchio molto grossolano ideato dall'abate Hautefeuille nel 1678. — Quello di cui servivasi Huygens si componeva d'un cilindro metallico A (fig. 44) nel cui interno si moveva a dolce sfregamento uno stantuffo B. Una corda BF accavalcata ad una puleggia era con una delle sue estremità congiunta allo stantuffo, dall'altra estremità pendeva un peso che volevasi sollevare; sul fondo del cilindro stava un bacinetto H destinato a contenere polvere da cannone; verso la parte superiore, due valvole D D di cuoio destinate ad aprirsi dall'interno all'esterno. Per far agire l'apparato, si collocava un pezzetto di miccia accesa nel bacinetto pieno di polvere; questa, esplodendo, sviluppava notevole quantità di gas, che cacciava fuori, traverso le valvole DD, quasi tutta l'aria contenuta nel cilindro. La pressione atmosferica che esercitavasi sulla faccia superiore dello stantuffo non trovandosi equilibrata

(1) Vedi Parte 1, pag. 99.

(2) La descrizione di questa macchina fu pubblicata da Papin negli *Atti di Lipsia* (*Acta eruditorum Lipsiae*) dicembre 1688, p. 644, sotto questo titolo: [illegible]; essa fu riprodotta in un'altra opera di Papin: *Raccolta di cose diverse*, stampata a Cassel nel 1695.

al disotto, ove, come abbiamo veduto, esisteva aria molto rarefatta, costringeva lo stantuffo a discendere e sollevava quindi il peso attaccato all'estremità della fune. — Era, come si vede, lo stesso principio della macchina precedente; col solo divario che il vuoto, o per meglio dire la rarefazione dell'aria, veniva prodotta in altra guisa. Ma anche la rarefazione così ottenuta era insufficiente, lo scoppio della polvere da cannone non riesciva a scacciare dal cilindro tutta l'aria atmosferica che vi si trovava. Papin, che se ne accorse, si diede a ricercare un agente che fosse atto a meglio conseguire l'intento.

Riflettendo continuamente intorno al modo di praticare il vuoto od almeno rarefare d'assai l'aria contenuta nel cilindro, senza ricorrere nè alla macchina pneumatica nè all'esplosione della polvere da cannone, Papin concepì un'idea felicissima e del tutto nuova. All'aria atmosferica ei sostituì un gas che, alla temperatura di cento gradi centigradi, possiede forza elastica eguale a quella dell'aria, e che, all'abbassarsi della temperatura perde rapidamente la sua forza, e che scompare quasi completamente, quando l'abbassamento di temperatura ha raggiunto un certo limite. In altri termini, Papin trovò un modo pronto ed economico di servirsi del vapor acqueo per praticare il vuoto in grandi spazi.

Fig. 45. Dionigi Papin.

Nella storia della macchina a vapore non si può accordare a Papin altro titolo tranne questo d'aver pensato al vapore come mezzo di fare il vuoto; ma questo pensiero, vera inspirazione del genio, basta ad immortalarlo, ed onorerà per sempre il suo nome ed il suo secolo (1).

La memoria in cui Papin propone per la prima volta l'impiego di una macchina avente per principio motore la forza elastica del vapore, fu pubblicata in latino negli *Atti di Lipsia*, il mese di agosto 1690, sotto questo titolo: *Nova Methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparendas* (Nuovo metodo per ottenere a buon mercato forze motrici considerevoli).

L'unita figura (figura 47) farà comprendere gli elementi della macchina che Papin propose per utilizzare gli effetti meccanici del vapore.

A è un cilindro di rame chiuso al basso, aperto in alto e contenente un po' di acqua nella sua parte inferiore. Questo cilindro è percorso da uno stantuffo mobile B. Un orifizio C traversa questo stantuffo e permette di abbassare lo stantuffo fino a che la sua faccia inferiore tocchi l'acqua permettendo l'uscita all'aria che esiste al disotto dello stantuffo. Quando l'aria è così scacciata dal cilindro, si chiude quest'orificio C, abbassando l'asta M; si riscalda quindi la parte inferiore del cilindro col mezzo d'un braciere. L'acqua viene a bollire, ed il vapore acquista potenza bastevole per sollevare lo stantuffo e spingerlo fino in alto della sua corsa. Ottenuto questo effetto si spinge la linguetta E, che entrando in una scanalatura dell'asta H, ferma e mantiene lo stantuffo in quella posizione. Si allontana allora il braciere, il cilindro si raffredda, il vapore si condensa, il

(1) Quantunque sia difficile rimontare col pensiero il seguito di idee che conducono un uomo di genio ad una grande scoperta, non ci sembra impossibile determinare come Papin sia stato condotto a riconoscere questo fatto fondamentale: che la condensazione del vapore dà il mezzo di operare il vuoto in uno spazio chiuso. Se non c'inganniamo, egli attinse questa idea in un'esperienza fatta nel 1660 da Roberto Boyle. Il fisico irlandese aveva riconosciuto che, immergendo nell'acqua fredda un'eolipila od un tubo di vetro pieno di vapore, l'acqua vi si innalzava tosto e riempiva l'eolipila come per succhiamento. Boyle, che conservava ancora le antiche idee sulla trasformazione dell'acqua in aria per mezzo del calore e che parla altrove dei mezzi di generare l'aria artificialmente, non potè rendersi conto esatto di questo fenomeno. Ma trent'anni dopo, Papin, più familiarizzato coll'uso e colle proprietà del vapore, ne riconobbe la vera natura, e trovò il mezzo di fare il vuoto a volontà in uno spazio chiuso.

vuoto si fa per conseguenza al disotto dello stantuffo. Se allora si ritira la linguetta E, lo stantuffo, spinto da tutto il peso dell'atmosfera esterna, si precipita tosto sul fondo del cilindro e può così servire ad innalzare dei pesi che fossero stati legati all'estremità della corda L, attaccata all'asta dello stantuffo, corda che passa sopra due carrucole T T.

Papin credeva che il suo apparecchio fosse atto a ricevere nell'industria un'applicazione immediata. In ciò e' cadeva nell'errore comune agli inventori, che non esitano a considerare il primo suggerimento della loro mente come l'ultima parola della scienza e dell'arte. Nella macchina del fisico di Blois, si può scorgere soltanto un mezzo per dimostrare sperimentalmente il principio della forza elastica del vapore, e mettere in evidenza

Fig. 46. Papin sperimenta la sua macchina a polvere in presenza dei professori dell'università di Marburgo.

il vantaggio che si può ricavare dall'elasticità del vapor acqueo, impiegandolo come forza motrice. Quanto all'applicarla, come era concepita, agli usi dell'industria, era impossibile pensarci. La disposizione grossolana, che consisteva nel mettere una piccola quantità d'acqua nel cilindro stesso e nel produrre il vapore col mezzo d'un bracere sottoposto, di modo che l'apparecchio non era alimentato che da questa piccola quantità di acqua che non si rinnovava mai; — il mezzo, più vizioso ancora, che faceva dipendere la caduta dello stantuffo dal raffreddamento spontaneo del vapore, prodotto soltanto dall'allontanamento del bracere; — quei tubi di metallo sottile che l'azione del fuoco avrebbe rapidamente distrutti e che erano inetti a resistere efficacemente alla pressione interna esercitata sulle loro pareti; — l'assenza d'un mezzo atto a prevenire le esplosioni; — tutto ci mostra che questo apparecchio non presentava veruna delle condizioni che si vedono comunemente realizzate nella più mediocre delle macchine industriali del giorno d'oggi.

Fig. 47. Cilindro a vapore di Papin.

Questo errore doveva duramente pesare sul destino di Papin. I difetti della sua macchina erano di tale evidenza da balzare agli occhi di tutti. Per cui fu accolta con disapprovazione, e fu posta, d'unanime accordo, nel numero degli apparecchi imperfetti che lo stesso Papin aveva anteriormente fatti conoscere. Il suo grande concetto concernente l'impiego del vapore, fu travolto nello stesso sfavore che aveva accolto la sua macchina a doppia pompa pneumatica e la sua macchina a polvere. Nessuna raccolta scientifica non riproduceva la memoria pubblicata negli *Atti di Lipsia*. Il fisico Hooke si limitò a far risaltare, in alcune note lette alla *Società reale* di Londra, le imperfezioni della nuova macchina motrice proposta dal dottor Papin, e tutto fu detto.

L'indifferenza che incontrò questa sua invenzione ebbe conseguenze funeste pel povero Papin.

A fronte del poco successo delle sue idee, ei cominciò a dubitare di sè stesso; credette avere sbagliato strada ed abbandonò intieramente il progetto della sua macchina a vapore. Eppure c'erano ben poche modificazioni da portare alla sua costruzione primitiva per renderla applicabile all'industria. L'impiego d'una caldaia che servisse a condurre il vapore nell'interno del cilindro, ed il raffreddamento del vapore prodotto da un'aspersione d'acqua fredda, avrebbero bastato per farne il motore più potente che l'industria avesse posseduto fino a quell'epoca. Per disgrazia, le critiche scoraggiarono Papin, che cessò intieramente d'occuparsi di questo argomento, e quando, quindici anni dopo, tentò ritornarci, fu condotto a proporre un apparecchio affatto diverso dal primo, e nel quale, abbandonando la grande idea di cui l'onore gli appartiene, ricorreva a disposizioni viziose.

VIII.

Leibnitz stimola Papin a pronunciarsi intorno alla macchina di Savery. — Seconda macchina di Papin. — Primo battello a vapore, costruito da Papin. — Vandalismo dei marinai. — Mesta fine di Papin.

Nel 1705 il filosofo Leibnitz, viaggiando l'Inghilterra, vide funzionare la macchina a vapore di Savery, della quale discorreremo fra poco, che fu la prima applicazione industriale della forza meccanica del vapore acqueo. Leibnitz, che era fin da prima in corrispondenza con Papin, mandò a questi il disegno della macchina inglese, invitandolo a pronunciarsi sul lavoro di Savery. Papin mostrò tanto la lettera quanto il disegno al principe elettore d'Assia, e questi eccitò Papin a riprendere lo studio abbandonato già da quindici anni.

Il risultato del lavoro di Papin fu la pubblicazione d'un libricciuolo, stampato a Francoforte nel 1707, sotto il titolo di *Nuova maniera d'innalzare l'acqua colla forza del fuoco*.

La nuova macchina a vapore che Papin descrive in questa memoria, non è altra cosa, quantunque e' tenti scusarsene, che un'imitazione della macchina di Savery, inferiore ancora a quella del suo rivale. Egli propone d'impiegare la forza elastica del vapore ad innalzar l'acqua nell'interno di un tubo. Quest'acqua è così condotta in un serbatoio superiore, donde la si fa cadere sulle pale d'una ruota idraulica, a cui imprime un moto di rotazione.

La fig. 48 farà comprendere i varii particolari di questa seconda macchina a vapore, proposta da Dionigi Papin nel 1707. Questa figura è la riproduzione esatta d'un disegno posto dall'autore in testa alla sua memoria. Si osserverà che la caldaia ed il corpo di pompa sono muniti della valvola di sicurezza. Gli è, infatti, in questa memoria che Papin fa conoscere per la prima volta l'applicazione della valvola da lui imaginata ventisett'anni prima pel suo *digestore delle carni*.

Una caldaia A (fig. 48) dirige il suo vapore, per mezzo del tubo L, nell'interno d'un cilindro I, che deve alternatamente riempirsi o vuotarsi d'acqua. Il vapore viene a premere la faccia superiore d'uno stantuffo, o, per meglio dire, d'un galleggiante vuoto, che si mantiene, grazie alla sua leggerezza rispetto all'acqua, alla superficie dell'acqua che riempie il cilindro. Spinta da questa pressione l'acqua s'innalza nel tubo E N Q. Quando il cilindro I è vuoto, ed il rubinetto C è stato chiuso in modo da impedire l'introduzione del vapore della caldaia nel cilindro, si apre il rubinetto D, che lascia uscire il vapore all'aperto. Da questo punto la

pressione dell'aria esterna precipita in questo spazio, grazie a certe valvole convenientemente collocate; una parte dell'acqua è tenuta in serbo in un vaso E H. Se allora si apre il rubinetto C, nuovo vapore arrivando dalla caldaia provoca l'ascensione dell'acqua nel tubo E N Q, e lo stesso movimento continua senza interruzione, purchè si apra e si chiuda, nel momento opportuno, tanto il rubinetto C che dà accesso al vapore quanto il rubinetto D che lo lascia perdersi all'aria aperta.

Come fu qui descritto, questo apparecchio non poteva servire che all'unico scopo dell'elevazione delle acque. Per farne un motore applicabile ad ogni destinazione meccanica, Papin proponeva di far salire l'acqua così innalzata nell'interno d'una cassa Q R, chiusa da ogni lato, fuorchè al punto B, dove si trova un'apertura munita d'un rubinetto, da cui l'acqua cade sulle pale di una ruota idraulica P. Uscendo dalla cassa R, con una velocità che poteva aumentare per la compressione dell'aria posta al disopra, l'acqua, ricadendo sulla ruota idraulica, la fa girare, e può così funzionare come un motore applicabile a diversi usi.

Così Papin abbandonava l'importantissima sua idea d'impiegare il vapore come mezzo per operare il vuoto entro ad un cilindro, per adottare il processo, molto meno vantaggioso, che consiste nel servirsi della pressione del vapore per innalzare una colonna d'acqua. E' non faceva in ciò che copiare, con poche modificazioni, la macchina di Savery; questa macchina, già in uso in Inghilterra, aveva ottenuto un certo successo; Papin fuorviato dall'apparenza di risultati utili che essa aveva forniti, perdeva così di vista il gran concetto che perpetuerà la memoria del suo genio.

Erasi creduto fino a questi ultimi tempi che le idee di Papin sopra questa seconda macchina a vapore non fossero mai uscite dal campo della teoria. Ma una corrispondenza di Papin con Leibnitz, trovata nel 1852 dal signor Kuhlmann, professore nell'Università di Annover, gettò una luce affatto nuova sopra questa quistione. Risulta da queste lettere, che dopo aver fatto costrurre un modello della sua seconda macchina, Papin la fece eseguire in grande per applicarla ad un battello, che fu provato dall'inventore sulla Fulda. — Egli chiese ed adoperò anche la mediazione di Leibnitz all'uopo di ottenere dall'elettore di Annover l'autorizzazione di far passare il suo battello dalle acque della Fulda in quelle del Weser. Ma questa autorizzazione fu ricusata: con tutto ciò egli credette di poterne far senza; ed il 25 settembre 1707 s'imbarcò a Cassel sulla Fulda ed arrivò a Münden lo stesso giorno.

Münden, città dell'Annover, è posta sul confluente della Fulda e della Wera, che si riuniscono in questo punto e formano il Weser. Papin contava proseguire la sua strada sopra questo fiume, ed arrivare così a Brema vicino alla foce del Weser nel mare del Nord, dove si sarebbe imbarcato sopra un bastimento che lo avrebbe poi condotto a Londra, rimorchiando il suo piccolo battello. Ma i marinai gli impedirono l'ingresso del Weser, e siccome egli insisteva e reclamava energicamente contro un procedere sì rigoroso, i marinai mandarono in pezzi la sua macchina.

Si è colti da profondo sentimento di compassione pensando a quel vecchio sventurato, privo dei mezzi sui quali aveva fondate tutte le sue speranze, senza risorse, quasi senza asilo, che non sa più in quale angolo d'Europa andrà a nascondere i suoi ultimi giorni. Non osava ritornare a Marburgo, in quella università da lui volontariamente abbandonata, nè poteva pensare alla Francia: più che mai l'accesso alla sua patria gli era chiuso, chè l'intolleranza religiosa, i cui eccessi disonorarono gli ultimi anni del regno di Luigi XIV, continuava a dispiegarvi i suoi furori.

Ma l'Inghilterra era stata per lui un'altra patria, ed egli pensò d'andare a morire sul suolo ospitale, dove avevano fiorito i pochi giorni felici della sua esistenza.

Debole ed ammalato, s'incamminò tristamente verso quest'ultimo asilo della sua vecchiaia. Ma nel lungo intervallo della sua assenza i suoi amici avevano avuto il tempo di obbliarlo. Roberto Boyle era morto, ed il nome di Papin era quasi sconosciuto ai nuovi membri della *Società reale*. Per sovvenire ai suoi bisogni fu costretto riporsi al soldo di quella dotta assemblea. Il grande inventore, di cui il nostro secolo glorifica la memoria, si trovò da allora fino agli ultimi giorni della sua vita ridotto ad uno stato prossimo alla miseria. E' fu costretto, per mancanza di sufficienti risorse, a rinunciare a proseguire le esperienze del suo battello a vapore. «Io sono ora obbligato, dice egli in una sua lettera, di mettere le mie macchine in un angolo del mio povero camino».

Infatti quell'ardore d'invenzioni e di ricerche, ch'era stato quasi l'alimento della sua esistenza, persisteva ancora nell'animo del nobile vegliardo; era l'ultimo legame che lo attaccava alla vita. Egli era continuamente occupato a combinare nuove macchine per la cui esecuzione reclamava, troppo di sovente invano, i soccorsi della *Società reale*. La povertà e l'abbandono in cui lo sventurato filosofo trascinò gli ultimi suoi giorni, dovevano essergli tanto più dolorosi in quanto ch'era carico di famiglia.

Erroneamente si fissa d'ordinario all'anno 1710 l'epoca della morte di Papin. Ei viveva ancora

nel 1714, se vogliamo stare all'ultima lettera di Leibnitz, solo documento che permette di chiarire gli ultimi giorni della vita di Papin. Non si può precisare l'epoca in cui venne a morire. Egli langui senza dubbio alcuni anni ancora nell'isolamento e nella povertà, ed è doloroso il pensare che il bisogno abbia potuto abbreviare il termine della sua triste esistenza.

Alcuni scrittori hanno voluto spiegare il mistero che ricopre gli ultimi tempi della vita di Papin, con un segreto ritorno sulle sponde della Loira, dove avrebbe voluto morire. Così non ci è neppur dato di conoscere l'angolo della terra in cui riposano le ceneri di quest'uomo sventurato!

Gettando uno sguardo complessivo sui lavori di Papin, bisogna pur riconoscere ch'essi portano l'impronta del genio. Tuttavia il suo merito fu contestato, ed in una relazione sulla macchina a vapore, il dottor Robison non temette di asserire: « Papin non era nè fisico, nè meccanico ». La fisica del XVII secolo componevasi d'un numero troppo piccolo di principii perchè sia permesso ricusare a verun scienziato di quell'epoca la conoscenza dei pochi e semplici fatti ch'essa abbracciava. E chi ebbe il pensiero di creare una forza motrice colla sola azione dell'acqua bollente, non è soltanto un meccanico, ma un meccanico di genio.

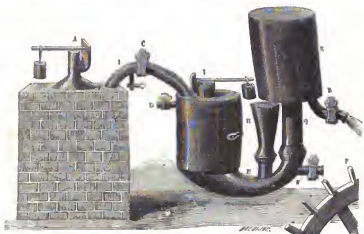



Fig. 48. Seconda macchina di Papin.

Conviene però riconoscere che, ne' suoi lavori, Papin mancò di spirito continuativo: e' procedeva a salti e come a capriccio. Scopriva varii fatti sparsi importantissimi, e non sapeva trovare loro un nesso comune. Stabiliva di grandi principii, ed era incapace di dedurne le conseguenze più prossime. Nei primi tempi della sua vita scientifica, occupandosi dell'insignificante argomento della cottura delle carni, egli inventa la valvola di sicurezza, e soltanto alla fine della sua carriera pensa ad applicarla ad una macchina, le cui disposizioni sono difettose. Durante la costruzione d'un altro apparecchio imperfetto, il motore a doppia pompa pneumatica, egli inventa il robinetto a quattro aperture, organo da cui Leupold e Giacomo Watt trassero in appresso sì gran partito nelle macchine a vapore. Finalmente ei trova il principio fondamentale dell'impiego del vapore per praticare il vuoto e sollevare uno stantuffo; e ben presto, fuorviato dalla critica, perde di vista la sua invenzione e muore senza imaginare la straordinaria importanza ch'essa deve acquistare un giorno. In tutto ciò avvi un vizio di mente che si tenterebbe invano dissimulare.

Le circostanze della vita di Papin spiegano questo difetto. Se la sua esistenza fosse corsa calma ed onorata nella sua patria, s'egli avesse vissuto circondato da aiuti intelligenti, di costruttori e di operai, se avesse gustato per alcun tempo gli agi e la libertà d'animo che sono necessarii all'esecuzione di lunghi lavori, non sarebbe mestieri difendere la sua memoria da tali rimproveri. La posterità che non conosce che un lembo del suo genio avrebbe allora posseduto Papin

tutto intiero. Ma, allontanato fino dalla sua gioventù dal cielo della sua patria, obbligato a trascinare traverso l'Europa il peso dei suoi fastidii e della sua povertà, obbligato a battere col suo bastone da viaggio alla porta delle Accademie straniere, lo sventurato filosofo poteva egli lasciarci altra cosa che gli abbozzi del suo genio!

E per quanto imperfetti essi sieno, bastano a far comprendere quanto si poteva aspettarsi da lui in condizioni più favorevoli. — Mentre egli vegetava dimenticato in Germania, un semplice fabbro del Devonshire, chiamato Newcomen, privo d'ogni cognizione scientifica, eseguiva la prima macchina a vapore atmosferica. Essa non è altro, siccome vedremo, che l'attuazione delle idee di Papin.

IV.

I commerci e l'industria inglese nel XVII secolo. — L'asciugamento delle miniere. — Obbiezioni del professore Hooke alla macchina di Papin. — La macchina a vapore del capitano Savery. — *L'Amico del minatore*. — Condizioni incompatibili nella macchina di Savery.

Durante la sua dimora in Germania, Papin pubblicò la descrizione della sua macchina a vapore atmosferica; la Germania accordava allora ben misero appoggio alle industrie: quel paese non poteva quindi essere un campo propizio al pratico sviluppo delle idee di Papin. Nè migliori erano le condizioni della Francia che, impoverita d'uomini e di denari da trent'anni di guerre, vedeva deperire di giorno in giorno i suoi commerci. In condizioni ben diverse trovavasi l'Inghilterra. Dopo la ristaurazione degli Stuardi, i commerci e le industrie vi pigliavano rapido sviluppo. Favorita dalla pace e da un'amministrazione intelligente, la grande nazione incominciava a trar partito dalle ricchezze accumulate dalla natura sotto al suolo inglese. Le miniere di carbon fossile, sparse con straordinaria profusione sotto al suolo d'Inghilterra, vi costituiscono, come è noto, una delle più larghe fonti di ricchezza. Queste miniere venivano utilizzate in grande scala già da molti anni; ma la disposizione geologica della massima parte dei terreni carboniferi della Gran Brettagna è tale, che immense correnti d'acqua si alternano continuamente con gli strati carboniferi. La presenza di questi forti corpi d'acqua sotterranei opponeva gravissimo ostacolo all'estrazione del combustibile, e la profondità ognor crescente a cui giungevano i lavori nell'interno delle miniere, accresceva di giorno in giorno inconvenienti e pericoli. I mezzi, spesso insufficienti, usitati fino a quel tempo per l'estrazione dell'acqua dal fondo delle miniere, cagionavano spese enormi; i proprietari di miniere vedevano approssimarsi il momento in cui il troppo forte dispendio necessario all'estrazione dell'acqua li avrebbe costretti ad abbandonarle.

L'annuncio d'un nuovo motore, potente ed economico, non poteva, in tale stato di cose, essere accolto con indifferenza da un popolo che vedeva dipendere la sua prosperità o la sua rovina dalla più o meno felice soluzione dell'importante quesito dell'asciugamento delle miniere.

Tommaso Savery, già operaio minatore, poi capitano di marina e meccanico abilissimo, occupavasi da lungo tempo dello studio dei mezzi meccanici applicabili all'asciugamento delle miniere di carbone, quando venne a cognizione dei lavori di Papin. Le idee di quest'ultimo erano acerbamente criticate in Inghilterra. Roberto Hooke aveva messi in evidenza tutti i difetti della macchina atmosferica di Papin. Gli attacchi di Hooke erano perfettamente giustificati dalle grossolane disposizioni dell'apparecchio di Papin considerato quale macchina motrice. La necessità di continuamente avvicinare ed allontanare il fuoco; l'effetto dannoso che il calore avrebbe esercitato sulle pareti esterne del cilindro; la lentezza quasi ridicola dei movimenti dello stantuffo, che dava appena un'oscillazione al minuto — erano ostacoli gravissimi all'applicazione industriale di quest'apparecchio. Ma il critico inglese, per q[illegible]tosi in queste minute obbiezioni, sconosceva il grande concetto di Papin, che imaginando di praticare il vuoto in un cilindro mercè la condensazione del vapore acqueo dotava la meccanica dell'idea più grande e più nuova fra quante mai ne registrasse la storia di codesta scienza.

L'argomentazione ed i rimproveri di Roberto Hooke fecero mutare indirizzo alle idee di Tommaso Savery. Questi, anzichè limitarsi ad introdurre nell'apparecchio di Papin quelle semplici-

sime modificazioni che sarebbero bastate a renderlo di pratica utilità, volle costruire una macchina a vapore fondata su principio del tutto diverso. Abbandonando l'idea del cilindro e dello stantuffo, ei fabbricò un modello di macchina in cui combinò il vuoto prodotto dalla condensazione del vapore, coll'impiego immediato della sua forza elastica. In questa macchina l'acqua alzavasi dapprima per aspirazione, dopo che il vuoto era stato praticato sovr' essa; poscia veniva spinta in un tubo verticale dalla pressione diretta d'un getto di vapore, che dopo di ciò condensavasi alla sua volta e serviva a produrre nuovamente il vuoto. Papin aveva concepito un motore di applicazione universale, Savery proponeva invece una macchina buona soltanto ad innalzar l'acqua.

Nel 1698 Savery chiese al governo inglese un brevetto per la costruzione della sua macchina a vapore, e la fece funzionare a Hampton Court in presenza di re Guglielmo, che vi prese vivissimo interesse. Il 14 giugno 1699 la si esperimentò in presenza della *Società reale di Londra.*

La macchina di Savery ricevette da lui medesimo, a parecchie riprese, varii perfezionamenti. Le ultime modificazioni ch'egli introdusse nel suo apparecchio, modificazioni che valsero a farlo funzionare regolarmente, sono consegnate in un opuscolo pubblicato nel 1702 sotto il titolo di *Amico del minatore* (*The miner's Friend*).

L'unita figura rappresenta i principali elementi della macchina di Savery. Ed ecco il modo con cui agisce:

Il vapore acqueo sviluppatosi in una caldaia B, esposta al fuoco, traversa il tubo O e passa nell'interno d'un recipiente metallico S parzialmente pieno d'acqua: il vapore introdottosi in questo recipiente preme con gran forza sull'acqua contenutavi (poichè, come abbiam detto e ripetuto più volte, il vapore è una sostanza elastica che tende sempre ad aumentare di volume) e la spinge nel tubo A; nel passaro da S in A l'acqua apre dinanzi a sè la valvola *a* — che si apre quando è spinta dal sotto in su; e nel frattempo rimane chiusa, pel proprio peso, la valvola *b* — che del pari si apre dal sotto in su. Per tal modo l'acqua ascende nel tubo A fino a che, trovata nella sua parte superiore una bocca, sgorga da essa. Così il recipiente S va perdendo a poco a poco tutta l'acqua che conteneva, ed il posto prima occupato dall'acqua è ora occupato dal vapore giuntovi dalla caldaia; chiuso allora il robinetto *c* onde impedire l'ingresso d'altro vapore dalla caldaia, si apre un robinetto *e*, adattato al serbatoio E contenente acqua fredda. Questo serbatoio è disposto in guisa che l'acqua fredda sgorganto da esso va a cadere sulle pareti metalliche del recipiente, le quali si raffreddano al contatto dell'acqua fredda. Raffreddandosi le pareti del recipiente, si raffredda anco il vapore contenutovi; il vapore raffreddatosi si condensa, produce poca acqua e lascia quasi vuoto il recipiente S. In tale stato di cose l'acqua contenuta nel tubo discendente D non trovasi più sottoposta ad alcuna pressione dall'alto al basso, mentre invece continua ad essere premuta dal basso all'alto dalla pressione atmosferica che gravita sull'acqua esistente nel serbatoio in cui è immerso il tubo D; perciò l'acqua è costretta a salire in questo tubo (da quanto abbiam già detto comprenderete ch'essa salirebbe fino all'altezza di circa 10 metri), apre dinanzi a sè la valvola *b*, e va ad occupare il vuoto esistente nel recipiente S. — In questo frattempo la valvola *a* è sempre rimasta chiusa pel proprio peso e pel peso dell'acqua sovrastante.

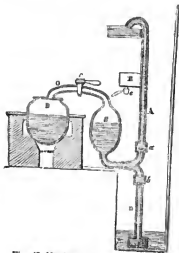



Fig. 49. Macchina a vapore di Savery.

Se aprite di bel nuovo il robinetto *c*, nuovo vapore esce dalla caldaia, entra nel recipiente S, preme l'acqua contenutavi, la obbliga ad aprirsi la valvola *a* ed a salire su pel tubo A; — poi chiudendo questo robinetto e ed aprendo il robinetto *e*, l'acqua fredda colpisce nuovamente le pareti del recipiente S, le raffredda, raffredda il vapore contenutovi, e produce quindi il vuoto nel recipiente. Ecco mancare così la pressione dall'alto al basso, ma sussistendo sempre la pressione atmosferica dal basso all'alto, nuova acqua sale pel tubo D e va ad occupare il recipiente S. — Ecco il modo in cui questo recipiente si empie e si vuota alternatamente, e l'acqua contenutavi ascende lungo il tubo A e va a scaricarsi ove si desidera. È aprendo e chiudendo alternatamente i due robinetti *c* ed *e*, che si estrae poco a poco l'acqua contenuta nel serbatoio.

Sebbene in questa macchina non vi si possa ravvisare alcuna di quelle disposizioni che resero possibili le attuali macchine *motrici* a vapore, e sotto

questo aspetto debba anzi considerarsi più vicina e concreta l'idea di servirsi del vapore per far muovere uno stantuffo che nissuno potrà mai contestare a Dionigi Papin, tuttochè non abbia saputo realizzarla, tuttavia sarebbe vera ingiustizia il contestare a Savery l'onore che gli è dovuto per aver ideata e costrutta la prima macchina a vapore che abbia funzionato in Europa. Se la posterità deve profonda riconoscenza allo scienziato che scopre grandi verità teoriche, essa deve pure egual tributo d'omaggio a chi trasportando le idee teoriche nel campo della pratica ne trae i primi frutti.

Ad onta di non lievi difetti, massime nell'apparecchio di condensazione del vapore, primitivo affatto al pari dell'idea, e dei pericoli d'esplosione che la caldaia presentava, l'apparecchio in discorso andò lentamente diffondendosi in alcune contee d'Inghilterra, e valse a richiamare l'attenzione del pubblico sull'impiego meccanico del vapore.

X.

LA MACCHINA ATMOSFERICA DI NEWCOMEN.

Il fabbro Newcomen ed il vetraio Cawley. — Perfezionamenti da essi introdotti nella prima macchina di Papin. Associazione con Savery. — Diffusione delle *macchine atmosferiche di Newcomen*. — Perfezionamento dovuto al caso ed allo spirito d'osservazione dell'inventore. — La condensazione del vapore nell'interno del cilindro.

A quei tempi vivevano nella città di Darmouth due artigiani onesti e laboriosi, amici fin dall'infanzia; erano il fabbro Tommaso Newcomen ed il vetraio Giovanni Cawley. Fortuna volle che una macchina di Savery venisse stabilita nelle vicinanze di Darmouth. Nei giorni di riposo i due artigiani andavano assieme ad osservarne il meccanismo, e nel ritorno ragionavano fra loro degli effetti di quella nuova macchina, che era per essi oggetto di grandissima ammirazione.

Newcomen non era del tutto privo d'istruzione; ei teneva corrispondenza col fisico Roberto Hooke, suo compatriotta, sottoponendo al giudizio di lui varii progetti relativi alla propria professione. Istigato da Cawley, Newcomen comunicò a Hooke le riflessioni da essi fatte intorno alla macchina di Savery. In risposta, Hooke fece conoscere all'artigiano la macchina atmosferica proposta da Papin nel 1690 e gliene espose i principali difetti. Per buona sorte le cognizioni di Newcomen erano assai scarse; perciò le obbiezioni di Hooke produssero mediocre impressione sull'animo di Newcomen. I due artigiani, malgrado il parere di Hooke, vollero tentare di perfezionare l'apparecchio di Papin, si torturarono il cervello per ottenere rapidamente la condensazione del vapore e quindi il vuoto nel cilindro allo scopo di conseguire oscillazioni più frequenti dello stantuffo. In luogo d'esporre il cilindro al fuoco ed aspettare poi tranquillamente il raffreddarsi del cilindro pel solo allontanamento dal fuoco, Newcomen e Cawley ebbero l'idea semplicissima di modificare l'apparecchio in guisa da poter condensare il vapore con un getto d'acqua fredda sulle pareti esterne del cilindro. Si misero all'opra, costrussero un modello della macchina così modificata, ed incominciarono ad eseguire con esso una serie di esperienze.

Nel modello costrutto da Newcomen e Cawley il vapore non è generato nell'interno del cilindro, come nel modello di Papin, ma si forma in apposita caldaia esposta al fuoco. I due artigiani conservarono però il cilindro metallico verticale chiuso inferiormente ed aperto in sommità; nell'interno di questo cilindro vi è uno stantuffo ben calibro destinato a percorrere tutta l'altezza del cilindro, ora salendo, ora discendendo. Il vapor acqueo sviluppatosi nella caldaia esposta al fuoco, traversa un tubo e penetra nella capacità inferiore del cilindro, la riempie ed equilibra in tal modo la pressione atmosferica che si esercita sulla faccia superiore dello stantuffo. Allora, essendo equilibrata la pressione atmosferica, si ha da vincere soltanto il peso dello stantuffo; disponendo quindi opportunamente un contrappeso, questi, discendendo, solleva lo stantuffo fino alla sommità del cilindro.

Quando il vapore ha promosso per tal modo il sollevamento dello stantuffo, si impedisce l'ulterior

ingresso di vapore dalla caldaia nel cilindro — chiudendo una chiave o robinetto adattato al tubo di comunicazione — e si provoca il raffreddamento del vapore che occupa tutto il cilindro. Papin raggiungeva assai imperfettamente questo scopo ritirando il braciere che aveva servito a riscaldar la base del cilindro metallico. Newcomen e Cawley impiegarono invece un sistema di gran lunga migliore; circondarono il cilindro della loro macchina con un secondo cilindro di diametro alquanto maggiore, e fecero cadere un'abbondante pioggia d'acqua fredda entro allo spazio anulare compreso fra la parete esterna del cilindro minore e la parete, interna del cilindro maggiore. Il contatto di quest'acqua raffredda le pareti del cilindro minore e quindi anche il vapore contenutovi, questi si condensa, ridivien liquido, precipita al fondo del cilindro lasciando in breve quasi vuota tutta l'interna capacità del cilindro. In questo stato di cose, la faccia superiore dello stantuffo continua ad essere premuta dall'aria atmosferica, mentre la faccia inferiore di quello stantuffo non è più soggetta ad alcuna pressione: poichè il raffreddamento ha annullata la forza elastica del vapore, perciò lo stantuffo precipita al fondo del cilindro.

Augurando bene dalla felice riuscita delle loro esperienze, Newcomen e Cawley cercarono d'ottenere dal re un brevetto che valesse a garantire loro la proprietà dell'invenzione; la domanda di un fabbro senza appoggi non poteva essere esaudita dall'oggi al domani; passò quindi un bel tratto di tempo prima che le autorità la esaminassero. — Frattanto Savery venne a conoscere la cosa: il brevetto ch'egli aveva già conseguito dichiarava sua invenzione il condensamento del vapore coll'aspersione d'acqua fredda, e perciò ei si oppose a che la domanda degli artigiani fosse esaudita. — Una lite fra i due inventori sembrava inevitabile; per buona sorte Newcomen e Cawley erano quaqueri; i principii della loro setta non permettendo le liti, essi vollero combinare la cosa amichevolmente, e proposero a Savery di farlo entrare nell'associazione, di dividere in società i beneficii del nuovo motore.

L'offerta fu accettata, e l'appoggio di Savery, ch'era ben veduto a corte, valse ad ottenere ben tosto dal re Giorgio il rilascio del brevetto. Nel 1705 i tre soci ricevettero una *patente* regia per la costruzione e l'esercizio d'una macchina a vapore atmosferica.

Sul cadere del 1711 Newcomen e Cawley tentarono di stipulare un contratto col proprietario delle miniere di carbon fossile di Griff, nella contea di Warwick, per estrarne l'acqua con la loro macchina. Il proprietario impiegava ben cinquanta cavalli pel solo asciugamento della miniera, e con ciò spendeva annualmente 22000 franchi; tuttavia ei non seppe comprendere l'utilità che gli sarebbe derivata sostituendo la macchina ai cavalli. Di lì a sei mesi gl'inventori riescirono a stipulare un contratto di simil genere con un signor Back di Wolverhampton.

Si diede tosto mano alla costruzione, in grande scala, della macchina occorrente, mercè l'aiuto di alcuni intelligenti operai di Birmingham; costrutta la macchina, la si installò alla bocca del pozzo della miniera, ove incominciò a funzionare.

La macchina di Papin, così perfezionata riguardo al modo di raffreddare e quindi condensare il vapore, eccitò in sommo grado l'attenzione dei proprietarii di miniere. Essa si diffuse rapidamente in parecchie contee d'Inghilterra rendendo segnalati servigi. La poca rapidità dei suoi movimenti, necessaria conseguenza del modo ancor troppo lento con cui il vapore veniva raffreddato e perdeva la sua elasticità, lasciava tuttavia largo campo ai desiderii di miglioramenti. Fortunatamente intervenne il caso ad indicare un modo semplicissimo per riparare a quella dannosa lentezza di movimenti.

L'arte di tornire internamente grandi cilindri metallici e di chiuderli ermeticamente con stantuffi mobili, era ancora bambina al principio del secolo XVIII. Perciò nelle prime macchine di Newcomen si suppliva a quest'imperfezione di tornitura, ricoprendo la faccia superiore dello stantuffo con uno strato d'acqua destinata a riempiere i vuoti compresi fra il contorno circolare dello stantuffo e la superficie interna del cilindro. Con somma sorpresa dei costruttori, una delle lor macchine si mise un bel giorno ad oscillare assai più rapidamente del solito. Dopo lunghe indagini si potè riconoscere che lo stantuffo di quella macchina era forato, l'acqua fredda cadeva per quel foro goccia a goccia, ed attraversando il vapore ne provocava la rapida condensazione.

Quest'osservazione non andò perduta e portò tosto i suoi frutti: fino allora si era conseguita la condensazione del vapore iniettando l'acqua fredda esternamente, e nello spazio anulare interposto fra i due cilindri. Si levò via il cilindro esterno e si ottenne la condensazione del vapore iniettando, mercè un annaffiatoio, una *pioggia d'acqua fredda* nella camera inferiore del cilindro a contatto diretto del vapore, e nell'istante preciso in cui lo stantuffo deve incominciare a discendere.

Con tale perfezionamento si ebbero da questa macchina, nota col nome di *macchina di Newcomen*, otto e persino dieci oscillazioni, dello stantuffo, ad ogni minuto.

L'unita fig. 50 farà comprendere varii elementi che compongono questa macchina.

Una caldaia A, munita di una valvola di sicurezza O, serve alla produzione del vapore il quale esce per un tubo — applicato alla sommità della caldaia — ed entra nel cilindro soprastante C; nell'interno del quale muovesi lo stantuffo H, congiunto, mediante una robusta catena di ferro, ad un pesante bilanciere BB, girevole intorno ad un perno L. All'altra estremità del bilanciere è fissata un'altra catena che porta un contrappeso M congiunto ad un lungo gambo N. Questo gambo scende giù nel pozzo della miniera e mette in movimento le pompe destinate al sollevamento delle acque. — Il vapore, giunto dalla caldaia nel cilindro, incontra lo stantuffo; e per la virtù che ha il vapore d'espandersi continuamente, preme dal sotto in sulla faccia inferiore dello stantuffo, e lo obbliga a salire malgrado la controspinta cui esso è soggetto sulla sua faccia superiore in causa della pressione atmosferica. Quando lo stantuffo sale, il contrappeso M discende; questo peso discendente contribuisce all'innalzamento dello stantuffo, che sale fino al punto più alto della sua corsa. Quando lo stantuffo è in codesta posizione, si impedisce l'ulteriore ingresso di vapore della caldaia nel cilindro, chiudendo il robinetto *a*: in pari tempo si apre il robinetto *b* che permette l'ingresso nel cilindro, — attraverso il tubo *d* — di un getto d'acqua fredda proveniente dal serbatoio G. Questo getto condensa rapidamente il vapore nell'interno del cilindro, il

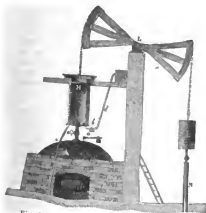



Fig. 50 Macchina atmosferica di Newcomen.

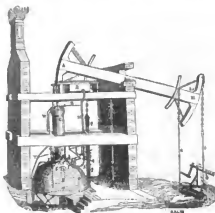



Fig. 51. Macchina a vapore di Newcomen per innalzare l'acqua.

vapore così condensatosi in acqua, occupa piccolissimo spazio e perciò lascia pressochè vuoto il cilindro; allora l'aria esterna che non cessò mai di premere sulla faccia superiore dello stantuffo, non trovando più la resistenza opposta fin allora dalla forza espansiva del vapore, obbliga lo stantuffo a discendere fino al punto più basso della sua corsa; fa oscillare di bel nuovo, ma in senso opposto, il bilanciere, ed innalza il gambo N. Aprendo quindi alternativamente i due robinetti *a* e *b* si ottiene un moto continuo alternato di ascesa e di discesa del gambo N, moto che si può con tutta facilità far servire nelle pompe ad estrarre l'acqua dal pozzo.

L'acqua adoperata a produrre la condensazione del vapore, nonchè quella ottenuta dalla condensazione, esce dal cilindro pel foro F, a cui è adattato un tubetto e munito di robinetto che di quando in quando si apre.

Come si vede, l'effetto di questa macchina dipende solamente dalla pressione che esercita l'aria atmosferica sulla faccia superiore dello stantuffo, e perciò si può ottenere una forza motrice tanto grande quanto si desidera, bastando assegnare a tal uopo proporzionate dimensioni allo stantuffo.

Quest'è il magistero della macchina a fuoco di Newcomen, nella quale il motore principale è il peso dell'atmosfera: perciò essa dovrebbe dirsi *macchina atmosferica* o *macchina a vapore atmosferica*.

Essa presenta la più importante applicazione degli studii fatti dai fisici del XVII secolo intorno al peso dell'aria ed al suo impiego qual forza motrice e deve anzi considerarsi come il riassunto armonico di tutte le precedenti scoperte.

La figura che qui riproduciamo (fig. 51) è tratta da un'opera dello scorso secolo, la Fisica di Desaguliers, fa vedere, in prospettiva, la macchina di Newcomen, come funzionava a Londra per la

distribuzione delle acque, intorno alla metà del secolo XVIII.

C rappresenta il cilindro destinato a ricevere il vapore proveniente dalla caldaia *oo* che è parzialmente rivestita di muratura. Il vapore penetra nel cilindro attraverso il robinetto *d* che può essere tenuto ora aperto ed ora chiuso. Un disco manovrato da una verga indicata, sulla nostra figura, col numero 3 e che è mossa dalla stessa macchina, serve ad aprire e chiudere alternativamente questo robinetto per promuovere o per impedire l'ingresso del vapore dalla caldaia nel cilindro.

Il vapore, entrato che sia nel cilindro, spinge lo stantuffo dal basso all'alto, superando l'ostacolo oppostogli dalla pressione atmosferica. Il colossale bilanciere H *h*, un'estremità del quale è attaccata alle aste rigide che devono far manovrare le pompe che aspirano l'acqua, è perfettamente equilibrato. Perciò quando lo stantuffo si solleva, spinto dal vapore, l'equilibrio scompare, ed il bilanciere si muove, la sua estremità *h* si solleva, mentre l'altra estremità si abbassa. L'abbassarsi dell'estremità H trae seco l'abbassamento delle aste rigide *h*, i che discendono nel pozzo ad animare le pompe pel sollevamento delle acque.

Quando lo stantuffo giunge al punto più alto della sua corsa, la macchina chiude da sè il robinetto *d* e quindi impedisce l'ulterior ingresso di vapore nel cilindro; in pari tempo, mercè un ingranaggio opportunamente collocato — indicato nella figura coi numeri 1 e 2 — messo del pari in movimento dalla macchina, lascia entrare nel cilindro, sotto forma di minuta pioggia, l'acqua fredda contenuta nel serbatoio superiore R, che, discendendo pel tubo ricurvo M N, si introduce, in virtù del proprio peso, nell'interno del cilindro. Quest'acqua fredda condensa il vapore racchiuso nel cilindro che perciò rimane quasi completamente vuoto, allora lo stantuffo, che non subisce più alcuna controspinta dal basso all'alto, cede alla pressione atmosferica che agisce in opposta direzione e si abbassa fino al punto più basso della sua corsa. Questo abbassamento dello stantuffo trae seco l'abbassamento dell'estremità *h* del bilanciere ed il sollevamento dell'altra estremità H, le aste *i*, *h* delle pompe vengono sollevate anch'esse ed innalzano quindi l'acqua dal fondo del pozzo in virtù dei rispettivi stantuffi.

Z è un tubo mercè il quale una certa quantità d'acqua è condotta alla superficie dello stantuffo nell'intento d'umettarne costantemente il cuoio che lo riveste per impedire le fughe di vapore. Il tubo W I serve ad alimentare la caldaia con l'acqua che esce, già calda, dall'interno del cilindro. L'acqua d'iniezione è smaltita dal tubo L che si stacca dalla sommità del cilindro.

L'acqua fredda destinata a condensare il vapore nel cilindro è ricavata da parte di quella che la pompa *i* estrae dal fondo del pozzo. A tal fine parte di quest'acqua è spinta, mercè l'asta K, entro ad un tubo di ferro collocato sotto terra e che, ripiegandosi, ascende nel massiccio di muratura sostenente il bilanciere; questo tubo sbocca per ultimo nel serbatoio R, da dove sgorga a tempo opportuno per provocare la condensazione del vapore.

Q Q è un'asta verticale collegata col bilanciere. Quest'asta è scanalata e porta parecchie caviglie disposte in guisa che, all'abbassarsi ed al salire dell'asta Q Q, esse aprono o chiudono successivamente il robinetto di ammissione del vapore nel cilindro ed il robinetto d'iniezione dell'acqua fredda nell'interno dello stesso cilindro.

Le aste L, Q Q, *h* ed I rimangono costantemente verticali grazie agli archi di cerchio sui quali si avvolgono o si svolgono le catene d'unione, negli alternati movimenti di ascesa e di discesa dei due bracci del bilanciere. F rappresenta una valvola di sicurezza gravata direttamente di un peso, senza l'intermedio d'un romano — come nella stadera — già proposto da Papin e posteriormente introdotto nella pratica per consiglio di Désaguliers.

Il disegnatore non dimenticò il macchinista, cui è affidata la condotta dell'apparecchio. Come si vede, un uomo solo basta a regolare il fuoco ed a sorvegliare il movimento della macchina.

XI.

Periodo stazionario. — Assidua vigilanza richiesta dalle macchine di Newcomen. — Il fanciullo Potter; l'amore al giuoco frenato dal dovere; felice osservazione; Potter stabilisce le funicelle automotrici. — Amontons e i *fenomeni calorifici*. — Ulteriori perfezionamenti nei particolari della macchina di Newcomen. — L'invenzione del *termometro*, successivamente perfezionata dai fisici, permette lo studio dei fenomeni calorifici. — Il termometro di Fahrenheit.

Tutto ciò che abbiam detto fin qui è destinato a mostrare che la creazione dei singoli organi della macchina a vapore non fu conseguenza del caso, bensì l'applicazione di scoperte teoriche che successivamente si effettuarono nella scienza.

Abbiam già veduto che, prima della creazione della fisica moderna, non erasi ideato alcun serio apparecchio per utilizzare la forza elastica del vapore; abbiam veduto come le scoperte scientifiche di Galileo, di Pascal, di Ottone di Guericke furono tosto apprezzate da Papin, che ne trasse partito creando un nuovo motore che poi non seppe realizzare.

Or quest'intimo legame fra lo stato della scienza ed i progressi della macchina a vapore, si manifesta sempre più nell'esporre i perfezionamenti

della macchina stessa. Un periodo di ben sessant'anni trascorse senza recare il menomo miglioramento ai principii meccanici concernenti l'impiego del vapore acqueo. Questo fatto si spiega da sè: durante sì lungo intervallo, la teoria del calore rimase del tutto stazionaria. I fisici, completamente assorti nello studio, del tutto nuovo e sì interessante, dei fenomeni elettrici, non avevano peranco presi in esame i fenomeni relativi al calore. Solo nel 1760 furono gettati dal fisico Giuseppe Black le basi delle teorie della vaporizzazione, della condensazione e del cangiamento di stato dei corpi. — Per tal modo la storia della macchina a vapore, nel periodo corso fra la costruzione della prima macchina di Newcomen e gli studii di Black, nel 1760, può appena registrare qualche perfezionamento introdotto nella parte esclusivamente meccanica degli apparecchi. Ma quanto si riferisce al principio motore della macchina, rimane completamente estraneo a queste modificazioni secondarie, che accenneremo in poche parole.

Il primo perfezionamento introdotto nel meccanismo delle macchine a fuoco è dovuto ad una curiosa circostanza, degna d'essere ricordata.

La macchina di Newcomen esigeva la più assidua attenzione per parte della persona cui era affidato l'incarico di aprire e chiudere alternatamente i due rubinetti, destinati l'uno a permettere l'ingresso del vapor acqueo nel cilindro, l'altro a favorire l'ingresso della pioggia d'acqua fredda, destinata a condensare il vapore che ha già servito. Con la massima vigilanza per parte dell'incaricato, non si ottenevano più di dieci a dodici colpi di stantuffo per minuto; la più leggera distrazione dell'incaricato bastava, non solo a ritardare il movimento della macchina, ma a comprometterne l'esistenza.

Nel 1713 un vispo fanciullo, per nome Enrico *Potter*, era incaricato della manovra di quei due *rubinetti*, in una macchina di Newcomen. Un *lavoro sedentario* e tanto *noioso* non si addiceva *al carattere* vivace del *nostro Enrico*, tanto più *che, a poca* distanza dal luogo in cui era costretto *a rimanere* tutto il giorno, altri fanciulli recavansi invece a trastullarsi allegramente. Qual tentazione per il povero Potter! Egli vedeva tutti i giorni quei fanciulli, avrebbe voluto prender parte a quei giuochi, ma non c'era da scherzare, il lavoro affidatogli non gli permetteva di allontanarsi dalla macchina neppure per mezzo minuto; egli amava divertirsi, ma in pari tempo riconosceva che il dovere lo teneva inchiodato in quel posto, sapeva benissimo che, dall'aprire e *chiudere* alternatamente ora *uno ora* l'altro dei due rubinetti, dipendeva il *movimento* della *macchina* ed egli non avrebbe voluto, per tutto l'oro del mondo, che la macchina si arrestasse per sua colpa. Egli si logorava la mente per trovare un modo d'allontanarsi dalla macchina per andare a giuocare senza che nessuno avesse a fargliene un carico, senza che il movimento della macchina subisse interruzione. La sua testa si esalta, la passione gl'infonde il genio: Potter scopre dei rapporti rimasti fino allora inavvertiti. Uno dei rubinetti vuol essere aperto nel preciso istante in cui il bilancere termina la sua oscillazione discendente: è mestieri chiuderlo, quando il bilancere è al termine dell'oscillazione opposta. La manovra del secondo rubinetto è precisamente inversa. Le posizioni del bilancere e dei rubinetti dipendono quindi l'una dall'altra. Potter trae tosto partito da quest'osservazione, al riconosce che il bilancere può servire ad imprimere agli altri organi tutti i movimenti richiesti dal giuoco della macchina. Detto fatto, egli allaccia a ciascun rubinetto due funicelle di inegual lunghezza, e dopo varii tentativi ne fissa i capi a punti convenientemente scelti sul bilancere; le trazioni che il bilancere esercita su due funicelle salendo, la trazioni che esso produce sulle altre due funicelle discendendo, sostituiscono la mano del sorvegliante; per la prima volta la macchina a vapore cammina sola; per la prima volta si vede presso alla macchina un operaio solo, ed è il fuochista che di tempo in tempo ravviva ed alimenta il fuoco acceso sotto alla caldaia. — Non occorre aggiungere che Potter, appena si avvide che la macchina andava stupendamente e senza alcun pericolo, andò tutto festante a trastullarsi con gli altri fanciulli. Ecco come in qualunque età lo spirito d'osservazione può produrre grandi risultati!

Nel 1718 il meccanico Beighton sostituì alle funicelle di Potter delle verghette rigide di ferro, fissate al bilancere ed armate di parecchie caviglie che andavano a premere ora dall'alto al basso, ora dal basso all'alto, le teste dei rubinetti; grazie a questo perfezionamento si conseguirono sino a quindici oscillazioni al minuto. Più tardi le verghette furono alla lor volta sostituite da altre combinazioni; ma, per quanto umiliante possa essere questa confessione, tutte queste invenzioni furono semplici modificazioni del meccanismo suggerito ad un fanciullo dal bisogno di andare a giuocare coi suoi compagni.

Nel 1758 il meccanico Fitz-Gerald trovò il modo, con un sistema di ruote dentate e con l'aggiunta d'un volante destinato a regolare il movimento, di trasformare il moto alternativo verticale della macchina di Newcomen in movimento circolare continuo.

Brindley suggerì nel 1760 l'uso d'un galleggiante destinato a regolare l'ingresso dell'acqua d'alimentazione nelle caldaie; per ultimo l'ingegnere Smeaton riescì a perfezionare di molto la fabbricazione degli stantuffi e dei cilindri, sopprimendo così le considerevoli perdite di vapore che fino allora si verificavano nelle macchine atmosferiche.

Di queste ultime modificazioni, nessuna, come si vede, riferivasi al principio fondamentale della macchina di Newcomen; la quale continuava a funzionare col suo enorme bilancere, consumando ingente quantità di combustibile. E tutto questo per la ragione già detta: la fisica non possedeva ancora nè una teoria generale del calorico, nè teorie particolari sulla condensazione e sulla vaporizzazione. I primi fondamenti per lo studio degli effetti del calorico furono gettati nel 1694 dal fisico Guglielmo Amontons (1). — Da una serie d'esperienze ch'egli eseguì con ogni cura possibile, potè riconoscere il fenomeno della dilatazione dei corpi in virtù del calorico; riconobbe cioè che l'aria riscaldandosi aumenta di forza elastica, e scoperse il fenomeno importantissimo che la temperatura rimane invariabile nell'acqua che sia già entrata in ebollizione. Insomma, ei fu il primo a riconoscere esperimentalmente i *fenomeni calorifici*.

Rimaneva tuttavia un gravissimo ostacolo al progresso della teoria del calorico, un ostacolo che le impediva di stabilirsi sopra solide basi. Affinchè un ramo delle scienze fisiche possa costituirsi, perfezionarsi od estendersi, non basta possedere un certo numero di fatti, ma è pur necessario che questi fatti possano essere ravvicinati e comparati gli uni agli altri; è necessario possedere un mezzo con cui misurare l'intensità più o meno grande dei fenomeni Fino allora non c'era alcun termine di confronto con cui giudicare i fenomeni prodotti dal calorico, non c'era uno strumento che potesse servire a misurarli. Esisteva bensì, già da un secolo, un piccolo apparecchio indicato col nome di *termometro* (misuratore del calorico); ma questo nome era usurpato, quell'apparecchio non poteva servire a misurare e comparare le diverse temperature dei corpi; serviva soltanto, come i nostri lettori sanno, ad apprezzare una differenza di temperatura fra due corpi inegualmente riscaldati.

Gli strumenti che ora ci servono a rintracciare le leggi della natura, furono a tutta prima costrutti dal loro inventori con moltissime imperfezioni; queste non scomparvero che successivamente davanti ai risultati dell'esperienza. Eccettuato il barometro che conserva anche adesso le disposizioni assegnategli da Torricelli, tutti gli altri strumenti d'osservazione o di misura fisica, come il telescopio, il microscopio, la macchina pneumatica, la macchina elettrica, la pila di Volta, ecc., dovettero subire grandissime trasformazioni prima di ricevere la forma che hanno presentemente. Il termometro in ispecie ne offre una prova. Ci vollero due secoli di lavori per portare codesto strumento al grado di perfezione di cui è oggi dotato.

Nella Parte Prima di quest'opera (pag. 48) abbiam già narrato che il primo termometro ad aria fu ideato da Galileo nel 1500, ed abbiam notate le imperfezioni di questo strumento; abbiam narrato che gli accademici fiorentini del *Cimento* perfezionarono l'invenzione di Galileo, ed infine, che un fisico anconetano, il conte Renaldini, fu il primo a riconoscere la necessità di far scomparire dal termometro tutte le misure vaghe ed arbitrarie adottate fino allora. Egli propose di scegliere *punti fissi*, e tali da poter essere ovunque determinati per basare poi sovr'essi la graduazione dello strumento.

Poco appresso, Newton mise in atto il concetto di Renaldini, e pubblicò nel 1701 la descrizione del primo termometro ad indicazioni comparabili. Il liquido impiegato da Newton per la misura del calorico era l'olio di lino. I punti fissi adottati nella sua graduazione erano: la temperatura del corpo umano come termine superiore, e come termine inferiore il punto in cui s'arrestava l'olio nell'istante della sua congelazione, provocata immergendo nella neve il cannello di vetro contenente quell'olio. L'intervallo fra questi due punti fissi era diviso in dodici parti, e la stessa divisione veniva prolungata al di là di questi due limiti. Con tale graduazione il punto d'ebollizione dell'acqua corrispondeva a 34 gradi, il punto di fusione dello stagno a 72 gradi, ecc. Mercè questo strumento, Newton determinò parecchi termini di temperatura la cui cognizione importava alla fisica.

Tuttavia la debole dilatazione che l'olio di lino presenta riscaldandosi e la sua congelazione a moderata temperatura rendevano incerto e delicato l'impiego del termometro di Newton. Ciò determinò Amontons a ricercare un agente termometrico che fosse più sensibile alle influenze del calorico. A tale scopo, il fisico francese costrusse un termometro ad aria, e ne determinò il punto fisso dalla temperatura dell'acqua bollente, che Amontons riconobbe essere costante.

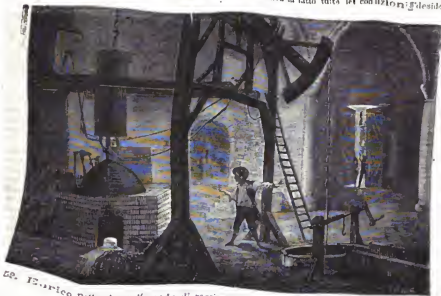
Ma in pratica questo strumento presentava le stesse difficoltà del termometro a gas, dipendenti

(1) Nato a Parigi nel 1663, morì nel 1705.

in ispecie dalla dilatazione troppo considerevole che i fluidi elastici provano in causa del calorico. Esso richiedeva la correzione dell'altezza barometrica ed inoltre, siccome misurava più di metri 1, 30 di lunghezza, era incomodo a maneggiarsi.

Il problema della costruzione d'un termometro comparabile, esatto, sensibile e comodo, presentava, come si vede, difficoltà di vario genere. Esse furono superate quasi completamente in Danzica nel 1714 da un fabbricatore di strumenti, quel celebre Gabriele Fahrenheit, di cui molti dei nostri lettori non avranno forse indovinato il nome sotto quel semplice F che pur vedono spesso accanto ai gradi del termometro.

Fahrenheit adoperava dapprima l'alcool come liquido termometrico, ma più tardi gli venne la felice idea di scegliere il mercurio. Questo metallo, impiegato come misuratore del calorico, riuniva in fatto tutte le condizioni desiderabili. Il

Fig. 58. Enrico Potter trova il modo di raggiungere i compagni, senza pericolo per la macchina affidatagli.

mercurio non si mette a *bollire* che a temperatura molto elevata, e si *congela* ad una temperatura tanto bassa, quale *si presenta* ben di rado nei nostri climi, e, ciò che *più* monta, si dilata in modo uniforme: vale a dire, il suo aumento di volume è esattamente *proporzionale* — per lo meno entro ad una scala abbastanza ampia — alla quantità di calorico che riceve. Per conseguenza il mercurio si presta ottimamente a misurare il calorico entro a limiti molto estesi.

I punti fissi scelti da Fahrenheit erano l'ebollizione dell'acqua per termine superiore, e per termine inferiore il punto cui si arrestava il mercurio nello strumento, immergendolo in una mescolanza, a parti *eguali*, di sale ammoniaco e neve.

L'intervallo che separa questi due punti fu diviso in 212 parti, in modo che il punto di congelazione dell'acqua corrisponde a 32 gradi, la temperatura del corpo umano corrisponde a 96 gradi, l'ebollizione dell'acqua a 212 gradi (1).

Il termometro di Fahrenheit fu immediatamente adottato in Inghilterra ed in Germania, ove è in uso anco al presente. In Francia e in Italia si

(1) Questa divisione in 212 parti, apparentemente arbitraria, fu adottata da Fahrenheit poichè questi riconobbe sperimentalmente che 11,124 parti di mercurio, in volume, riscaldate dal punto o fino al punto d'ebollizione dell'acqua si dilatano in modo da formarne 11,336, vale a dire in modo da presentare una dilatazione di 212 parti in volume.

fece maggior uso del termometro costrutto verso il 1730 da Réaumur, nel quale i due punti fissi sono la temperatura del ghiaccio fondentesi e quella dell'ebollizione dell'acqua; ed ove l'intervallo è diviso in 80 parti eguali.

Per ultimo Celsio, professore ad Upsala, costrusse nel 1741 il termometro conosciuto oggidì col nome di *termometro centigrado* o *di Celsio*. Egli divise in 100 parti eguali l'intervallo fra i due punti fissi del ghiaccio fondentesi e dell'ebollizione dell'acqua.

Così la fisica possedette finalmente uno strumento che permetteva di misurare i fenomeni calorifici. Era quindi possibile lo studiare le leggi del calorico con rigorosi mezzi di osservazione; loro mercè, la teoria del calorico non tardò a costituirsi.

XII.

Esperienze di Black: miscela d'acqua e ghiaccio. — Il calore latente e la moderna *Teoria dinamica del calore*. — Nulla si perde e nulla si crea. — Il riscaldamento a vapore. — Influenza delle lezioni di Black sulla creazione della moderna macchina a vapore.

Il fisico scozzese Giuseppe Black (1) professore all'Università di Glascow, ha il merito d'aver gettate le prime basi per una teoria generale del calorico. Con una serie d'osservazioni e di rigorose misure, egli creò la teoria del *calorico latente* e quella del *calorico specifico*. La prima di queste teorie era destinata a gettare splendida luce sui fenomeni che accompagnano la vaporizzazione dei liquidi e la condensazione dei vapori. Essa si riassume nella seguente esperienza eseguita da Black nel 1762.

Prendendo un chilogramma d'acqua alla temperatura di 80 gradi ed un chilogramma d'acqua alla temperatura di zero gradi, e mescolandoli, il termometro immerso in questa mescolanza indica 40 gradi, vale a dire la media fra le temperature dei due liquidi mescolati a pesi eguali. Ma il risultato sarà ben diverso se, in luogo d'impiegare acqua liquida a zero gradi, si fa uso di ghiaccio, vale a dire acqua che presenta del pari la temperatura di zero gradi, ma che è allo stato solido.

Mescolando adunque un chilogramma di ghiaccio a zero gradi ed un chilogramma d'acqua riscaldata a 80 gradi si osserva che il ghiaccio si fonde, e che tutta quanta la mescolnnza diventa liquida. Ma prendendo la temperatura della mescolanza, si riconosce che essa non rappresenta, come nella precedente esperienza, la media fra le due temperature, ma segna solamente zero gradi. Perchè si riscontra differenza sì rilevante? Molto calorico è scomparso senza lasciar traccia di sè; ma in compenso tutto il ghiaccio si è fuso, e la mescolanza è diventata tutta liquida. Qual conclusione si può trarre da questo fenomeno? Che, per fondersi, il chilogramma di ghiaccio consumò tutto il calorico perduto dall'acqua, e che questa quantità di calorico andò spesa tutta quanta — poichè la temperatura non ha variato — a fondere il ghiaccio, ossia a disgregare le particelle solide che lo componevano. Dunque un chilogramma di acqua solida — a zero gradi — ha bisogno, per liquefarsi, di tutto il calorico indicato dagli 80 gradi del termometro. Da questo fatto Black si credette in diritto di concludere che un chilogramma d'acqua liquida differisce da un chilogramma di acqua solida per una certa quantità di calorico in più contenuto nell'acqua liquida.

Questo calorico che non è apprezzabile ai nostri organi, che non è accusato dal termometro, che sembra nascosto nelle particelle liquide e che ebbe per risultato il cangiamento di stato del corpo, fu detto da Black *calorico latente* (2). Per

(1) Nato nel 1728, morì nel 1799.

(2) Quando una sostanza solida, esposta al fuoco o ad altra sorgente di calore, incomincia a fondersi, la temperatura di quella sostanza — fino a che la fusione non è completa — rimane invariabile per quanto sia grande l'intensità della sorgente di calore che provoca la fusione. Quest'importante fenomeno, osservato per la prima volta dai Fiorentini *Accademici del Cimento*, fu poscia verificato sopra un gran numero di sostanze. Aumentando l'attività della sorgente di calore, si può bensì, in un tempo determinato, fondere maggior copia di quella sostanza, ma — finchè dura la fusione — non si riesce ad innalzare neppur d'un grado la temperatura di quella sostanza. Un corpo allo stato liquido sembra dunque possedere una considerevole quantità di calore insensibile ai nostri organi, che non produce effetto sul termometro. Questo ca-

tal motivo Black, ed i fisici che gli succedettero, dissero *calorico latente* il calorico che non è accennato dal termometro e che va speso a provocare il cambiamento di stato dei corpi.

I fenomeni che si osservano nel passaggio di un corpo dallo stato solido allo stato liquido, si riproducono quando un liquido passa allo stato di vapore. Tutti i liquidi richiedono, per vaporizzarsi, una determinata quantità di calorico. L'acqua a 100 gradi sviluppa, in vaso aperto e sotto l'ordinaria pressione barometrica, vapor acqueo dotato anch'esso della temperatura di 100 gradi, ma questo vapore differisce dall'acqua liquida a 100 gradi per una considerevole quantità di calorico che sembra dissimulato, latente, che andò speso a trasformar l'acqua in fluido elastico. Quando all'incontro il vapor acqueo, condensandosi, ritorna allo stato liquido, tutto il calorico, apparentemente assorbito dal liquido per trasformarsi in vapore, ricompare e riscalda tutti i corpi che esso incontra sulla sua via e che sono atti ad assorbire calorico. Se ad esempio un chilogramma di vapor acqueo alla temperatura di 100 gradi è costretto a passare attraverso a chilogrammi 5,35 d'acqua a zero gradi, quel vapore si condensa, passa tutto allo stato liquido, ed in questo cangiamento di stato sviluppa enorme quantità di calorico: la mescolanza, pesante chilogrammi 6,35, raggiunge l'elevata temperatura di 100. Bisogna quindi concludere che, per provocare la trasformazione di un chilogramma d'acqua a 100 gradi in un chilogramma di vapore a 100 gradi, fa mestieri spendere tanto calorico quanto ce ne abbisogna per portare un chilogramma d'acqua, cui fosse impedito di trasformarsi in vapore, dalla temperatura di zero gradi alla temperatura di 535 gradi centigradi. Questo risultato potrà sembrare straordinario, esso è però certo ed incontrastabile; il vapor acqueo esiste a questa condizione soltanto. Ovunque un chilogramma d'acqua a 100 gradi si evapora, sia naturalmente sia artificialmente, ei deve, per trasformarsi, assorbire 535 gradi di calorico dai corpi circostanti, calorico che viene poi integralmente restituito dal vapore alle superfici d'ogni maniera che egli incontra per via e sulle quali avviene la di lui trasformazione in liquido (1).

Son queste le semplici ma importantissime verità poste in evidenza dalle scoperte di Black,

lore ricevette il nome di *calore latente* per opposizione al nome di *calore sensibile* dato al calore che produce i cambiamenti di temperatura.

Si può domandare se il calore scomparso esista realmente nel liquido allo *stato latente* o se invece non è distrutto durante il cangiamento di stato. I fisici moderni rispondono, come in seguito vedremo, che quel calore si è trasformato in lavoro meccanico esercitatosi per allontanare maggiormente le molecole del corpo, ossia per produrre la sua dilatazione; epperò si può dire che quel calore è scomparso; tuttavia la denominazione del calore latente, considerata come l'*espressione del fenomeno*, può essere conservata senza però annettervi alcun significato teorico.

I fisici moderni partendo dal principio che *in natura nulla si perde e nulla si crea*, riconobbero, mercè numerosissime ed accuratissime esperienze, che *ogni produzione di lavoro meccanico corrisponde alla distruzione di una determinata quantità di calore*, che perciò appunto sembra scomparire, e che viceversa *non vi ha produzione di calore senza distruzione di lavoro meccanico*. In altri termini: *il calore si trasforma in lavoro meccanico e viceversa*. È questo il principio fondamentale della moderna *Teoria dinamica del calore*.

I fenomeni che servono di base a questa teoria son noti a tutti già da gran pezzo, ma soltanto i fisici moderni, collegando questi fenomeni, comparandoli fra loro, provocandone degli altri, poterono stabilire nel modo più irrefragabile l'intimo legame che esiste fra il calore ed il lavoro meccanico.

I selvaggi si procurano il fuoco confricando l'un contro l'altro due pezzi di legno, adoperando la trivella, la sega, il martello; *questi* utensili si riscaldano tanto più quanto più grande è la forza che opera la confricazione nei due primi casi, la percussione nel terzo. Son questi altrettanti esempi di calore prodotto col solo mezzo di una forza meccanica. L'opposto avviene quando un corpo entra in fusione, allora vi ha distruzione di calore e produzione di lavoro meccanico, impiegato a separare le molecole solide per renderle indipendenti l'una dall'altra. Quando all'incontro un liquido si solidifica, il lavoro interno che riunisce le sue molecole, si trasforma in calore, e perciò si vede ricomparire una quantità di calore eguale a quella scomparsa durante la fusione (*).

Quando un liquido si evapora, tutto il calore impiegato va speso nel produr lavoro per distruggere la coesione delle molecole liquide e per vincere gli ostacoli che possono opporsi all'espansione del vapore. All'incontro quando un vapore ridivien liquido in virtù d'una compressione, il lavoro speso nella compressione, e quello derivante dalla coesione che riunisce le molecole vaporose, si trasformano in calore.

(1) In ciò appunto consiste tutto l'artificio del riscaldamento a vapore. Si ingannano non poco quanti imaginano che il vapore acqueo porti seco, nei tubi che è obbligato a percorrere, soltanto calorico sensibile o termometrico: la massima parte del riscaldamento a vapore è dovuta al calorico che mantiene l'acqua allo stato vaporoso, al calorico, cosidetto latente, che sviluppasi nell'atto in cui il vapore venendo a contatto con superfici fredde è obbligato a ripassare dallo stato aeriforme allo stato liquido.

(*) Si può infatti riconoscere sperimentalmente, che, nel solidificarsi, un chilogramma d'acqua a zero gradi, sviluppa [illegible] gradi di calorico.

verità ignorate completamente prima di lui. È facile comprendere quanto doveva essere utile la cognizione di questi fatti pel perfezionamento delle macchine mosse dal vapore. Divenne possibile il calcolare la quantità di calorico sviluppata dalla condensazione di un determinato volume di vapore entro al cilindro della macchina di Newcomen, lo spiegare i fenomeni che accompagnano questa condensazione, l'apprezzare la forza elastica del vapore a diverse temperature; insomma, fu possibile studiare molti elementi pratici che hanno grande influenza negli effetti di questa macchina.

Le scoperte di Black concernenti il calorico specifico, vale a dire la quantità di calorico necessaria ad innalzare d'uno stesso numero di gradi un dato peso dei diversi corpi, introdussero nello studio teorico della macchina a vapore elementi d'un ordine nuovo e di molta importanza. Black era professore all'Università di Glascow, e dal 1763 in avanti vi spiegava ogni anno all'affollato uditorio la sua teoria del calorico latente.

Vedremo, nei seguenti capitoli, qual parte importantissima abbiano avute quelle lezioni nella creazione della moderna macchina a vapore. Prima però dobbiam raccontarvi brevemente la vita d'uno dei più oscuri, ma in pari tempo fra i più assidui uditori di quelle lezioni, il cui nome rimarrà eternamente scolpito nelle pagine della storia. Quel modesto uditore chiamavasi Giacomo Watt.

XIII.

GIACOMO WATT.

Infanzia di Giacomo Watt. — Suo ardore allo studio. — Watt operaio a Londra. — Suo ritorno in Iscozia. — Opposizione mossagli dalle corporazioni d'arti e mestieri di Glascow. — Appoggio accordatogli dall'Università. — Benevolenza generale pel giovane meccanico. — Affluenza degli studiosi nella botteguccia di Watt; discussioni scientifiche. Fecondità della mente di Watt. — Costruzione d'un organo.

Giacomo Watt (1) nacque a Greenock in Iscozia il 19 gennaio 1736. Ei sortì dalla natura una complessione gracilissima. Sua madre gl'insegnò i primi elementi della lettura, il padre gl'insegnò a scrivere ed i principii dell'aritmetica; fu inscritto fra gli allievi della scuola elementare di Greenock, ma la sua mal ferma salute non gli permise di frequentare assiduamente le pubbliche lezioni. Il giovane Watt, obbligato a rimanersi nella sua stanzuccia, dedicavasi interamente allo studio. Un amico di casa, entrando un giorno nella stanza del piccolo Giacomo, lo vide, disteso sul pavimento, tracciare con la creta molte linee che si incrociavano. « Perchè permettete, disse il zelante amico ai genitori del fanciullo, che vostro figlio sciupi il suo tempo? mandatelo un po' a scuola! » « Badate che potreste esservi ingannato, rispose il padre, prima di biasimarci; esaminate di grazia di che si occupa ora il mio figliuolo ». L'amico si fece ad esaminare più attentamente quel complesso di linee apparentemente confuse: il fanciullo di sei anni cercava la soluzione d'un problema di geometria.

(1) Vedi ARAGO, *Oeuvres complètes*, Tomo primo, pagina 372 e seguenti.

Il padre, avendo riconosciuto nel suo Giacomo qualche disposizione per la meccanica, pose parecchi utensili meccanici a disposizione del giovanetto; questi se ne serviva con straordinaria abilità; smontava e rimontava tutti i giocattoli che gli cadevano fra le mani; e ne eseguiva di nuovi. Valendosi delle cognizioni acquistate e degli utensili fornitigli dal padre, il giovane Watt costrusse da solo una piccola macchina elettrica, le cui brillanti scintille formarono il divertimento di tutti i camerati del povero infermo. Questi traeva da ogni cosa argomento a meditazione profonda. Il padre pronosticava bene dalle disposizioni meditative del figlio; ma altri della famiglia non dividevano le stesse speranze.

« Giacomo, dissegli un giorno sua zia, devo dirti che non ho mai veduto fanciullo più pigro di te. Per carità! prendi un libro, occupati utilmente. Da più d'un'ora non hai detto una parola, non hai aperta bocca. In tutto questo tempo cosa hai fatto? hai levato, poi rimesso e poi hai levato di bel nuovo il coperchio del vaso del tè; hai introdotto nella corrente di vapore che esce da quel vaso, ora una sottocoppa, ora un cucchiaio d'argento; ti sei divertito ad esaminare, a riunire ed a raccogliere le goccioline che la condensazione del vapore formava alla superficie della porcellana o del me-

talo; è una vergogna, sciupare il tempo a questo modo! »

Nel 1750 tutti avrebbero data ragione alla zia e biasimato il nipote; ma da allora ad oggi l'umanità ha progredito, le cognizioni si sono aumentate ed appunto perciò i rimproveri della zia non sembrano più sì giusti come sembravano nello scorso secolo. In oggi il piccolo Giacomo davanti al vaso del thè non è più un fanciullo ozioso che sciupa il tempo, è il grande ingegnere che preludia le grandi scoperte, che dovevano poi immortalarlo: tutti troveranno ora ben degno di attenzione che le parole *condensazione del vapore* figurino naturalmente nella storia della fanciullezza di Watt.

Fino ai diciannove anni Watt rimase sotto il tetto paterno dedicandosi interamente e da solo, senza alcuna guida, agli studi più disparati, studiò con pari amore la botanica e la mineralogia, la poesia e la storia, la chimica e la fisica, la medicina e la chirurgia. — Nel 1755 ei si recò a

Fig. 53. Giacomo Watt nella sua botteguccia di Glascow.

Londra presso John Morgan, abile costruttore di strumenti di matematica e di marina. L'uomo che di lì a qualche anno doveva coprir l'Inghilterra coi motori più colossali che si fossero mai veduti, entrò nella carriera industriale, costruendo con le sue mani strumenti sottili, delicati e fragili, costruendo quei piccoli ma preziosi sestanti a riflessione, a cui la nautica deve i suoi progressi.

Watt rimase un anno soltanto in quel laboratorio, poichè la debolezza della sua salute ed una grave malattia, ch'ei contrasse lavorando una intiera giornata di rigido inverno, presso alla porta del laboratorio, lo costrinsero ad abbandonar Londra. Per tentare gli effetti dell'aria nativa ritornò in Scozia e si recò a Glascow col proponimento di aprire colà un laboratorio consimile. Le corporazioni d'arti e mestieri di quella città, fondandosi sui loro privilegi e considerando l'artista venuto da Londra quale un intruso, gli negarono ostinatamente il diritto di aprire a Glascow il più meschino laboratorio. Ogni tentativo di conciliazione essendo rimasto infruttuoso, Watt invocò l'aiuto dell'Università, e questa mise a disposizione del giovine artefice un piccolo locale nel proprio edificio; gli permise di aprire una bottega e lo onorò col titolo di suo meccanico. Esistono ancora alcuni strumenti di quell'epoca, di squisito lavoro, interamente eseguiti dalle mani di Watt.

Watt aveva appena raggiunto il suo ventune-

simo anno, quando fu aggregato all' Università di Glascow. Ebbe per protettori in quell' incontro il celebre Adamo Smith, l'autore della famosa opera sulla *Ricchezza delle nazioni;* Black, di cui abbiamo detto nel capitolo precedente, Roberto Simson, insigne geometra, ristauratore dei più importanti trattati dei geometri antichi. Questi eminenti personaggi credevano dapprincipio di avere sottratto, dagli artigli delle corporazioni d' arti e mestieri, un semplice operaio dotato di buone qualità: abile, attivo, morigerato, e nulla più; ma in breve riconobbero in lui un uomo di genio e gli accordarono la più sincera amicizia. Gli studenti dell' Università reputavansi felici quando potevano entrare in rapporti con Watt; la sua modesta bottega divenne in breve una specie di Accademia nella quale convenivano gli uomini più eminenti della città per discutervi profonde quostioni d' arte, di scienza, di letteratura. Un documento inedito del più illustre tra gli scrittori dell' *Enciclopedia britannica* ci fa conoscere qual parte prendesse, in quelle riunioni di scienziati, il giovane operaio di ventun anni.

« Sebbene fossi ancora studente, puro, dice Robison, avevo la vanità di credermi già inoltrato nei miei studi prediletti di meccanica e di fisica, quando fui presentato a Watt; ma qual non fu il mio disinganno a vedere che il giovine operaio mi superava d'assai..... Quando una qualche difficoltà ci incagliava nei nostri studi universitari, di qualunque natura essa fosse, ci rivolgevamo immediatamente al nostro artista. Bastava provocarlo, ogni argomento era per lui il punto di partenza per studi profondi che producessero più scoperte. Egli non abbandonava mai un argomento senza aver prima chiarito, nel modo più ampio, il quesito propostogli; a seconda del caso ei lo riduceva a nulla o ne ricavava qualche conseguenza limpida ed importante. Un giorno, per la soluzione d' un problema, ei credette necessaria la lettura dell'opera di Leupold sulle macchine, scritta in tedesco: Watt si dedicò tosto allo studio di questa lingua, e se ne impadronì in breve. In altra circostanza e per motivo consimile ei si rese padrone dell'italiano. L'ingenua semplicità del giovane meccanico gli conciliava la benevolenza di quanti lo avvicinavano; devo dichiarare in proposito che, sebbene io abbia bastantemente vissuto in mezzo alla società, pure mi sarebbe impossibile citare un secondo esempio d'amicizia sincera e generale, accordata a qualche persona di incontestata superiorità. È ben vero che questa superiorità era velata dal candore ed era congiunta a fermo proponimento di riconoscere liberamente i meriti di ciascuno. Watt compiacevasi persino nell'attribuire allo spirito inventivo dei suoi amici cose che bene spesso erano d'idea sua, presentate sotto altra forma Mi trovo tanto maggiormente in debito, soggiunge Robison, d'insistere su questa rara disposizione d'animo, in quantochè io stesso ne ho sperimentato gli effetti ».

Gli studi seri e svariati cui dedicavasi il nostro giovane artista non nuocevano punto ai suoi lavori manuali, ei dedicava a questi il giorno, a quelli la notte. Fidando nella fecondità della sua mente, Watt si cimentava a bella posta nelle imprese più difficili, quand' anche le sue disposizioni sembrassero del tutto opposte al buon esito di quelle imprese. Così, ad esempio, egli si assunse l'obbligo di costruire un organo e condusse a buon fine questo lavoro, sebbene fosse per natura del tutto insensibile al piacere della musica, sebbene non fosse mai riescito a distinguere due note, un *do* da un *fa*. Ma non basta, lo strumento costrutto da Watt non solo presentava importanti perfezionamenti nella parte meccanica, nei regolatori, nel modo di valutare la forza del vento, ma fu segnalato benanco per le sue qualità armoniche, che furono altamente lodate dagli intelligenti di musica. Watt risolvette una parte importante del problema: raggiunse la *tempera*, stabilita da un uomo dell' arte, giovandosi del fenomeno delle vibrazioni, fino allora mai conosciuto, e del quale ei potè acquistare qualche nozione in un' opera profonda ma oscura assai, del dottore Roberto Smith di Cambridge.

XIV.

Watt riesce a far andare l'imperfetto modello della macchina di Newcomen, posseduta dall' Università di Glascow; coglie la propizia occasione per studiar quella macchina, ne riconosce i vizi principali ed inventa il *condensatore isolato*. Matrimonio di Watt. — La pompa ad aria. — La *macchina di Watt a semplice effetto*.

La collezione di macchine dell' Università di Glascow racchiudeva un piccolo modello di macchina di Newcomen: nessuno era mai riescito a farlo funzionare a dovere. Il professore di fisica, Anderson, affidò a Watt, nell' inverno del 1763, l'incarico di riparare quel modello. Fu questa la circostanza che condusse Watt ad occuparsi per la prima volta della macchina a vapore, nella quale, novello Cristoforo Colombo, ei doveva scoprire un intiero mondo.

I vizi di costruzione che impedivano a quel modello di funzionare in modo soddisfacente scomparvero ben presto, sotto la mano dell'abile artista. Quel modello presentava una notevole sproporzione fra le dimensioni del cilindro e quelle della caldaia. La caldaia era troppo piccola rispetto al cilindro, e quindi non bastava a produrre tutto il vapore necessario a provocare il movimento dello stantuffo. Watt raccorciò il cilindro, ed il modello funzionò regolarmente. Da allora in poi quel modello comparve annualmente, nell'anfiteatro di fisica, sotto gli occhi degli attoniti studenti. Un uomo volgare sarebbe rimasto pago di questo risultato. Watt, all'incontro, seguendo la sua abitudine approfittò dell'occasione per darsi a studi più profondi. Le sue ricerche si rivolsero successivamente su tutti i punti dai quali ei lusingavasi ricavar qualche lume sulla teoria della macchina di Newcomen; determinò sperimentalmente di quanto si dilata l'acqua passando dallo stato liquido allo stato aeriforme (vapore); la quantità d'acqua che, con un dato peso di carbone, può essere trasformata in vapore; la quantità di vapore (in peso) consumato ad ogni oscillazione dello stantuffo in una macchina di Newcomen di determinate dimensioni; la quantità d'acqua fredda che devesi introdurre nel cilindro di quella macchina, per provocare la corsa discendente dello stantuffo: finalmente, siccome la forza elastica del vapore cresce al crescere della temperatura, così ei cercò di determinare la varia forza elastica del vapor acqueo corrispondente ai vari gradi di temperatura. Questi importanti elementi determinati da Watt coi mezzi imperfetti di cui egli poteva disporre, diversificano di ben poco da quelli posteriormente ottenuti con le esperienze istituite dai fisici moderni con tutta la precisione ed il rigore dei metodi attuali.

In queste ricerche fu di gran giovamento al nostro inventore l'amicizia che gli accordava il fisico Black. Questi espose a Watt la teoria del calore latente che valse a rendergli conto della enorme quantità d'acqua fredda che dev'essere introdotta nel cilindro della macchina di Newcomen per condensarvi il vapore, e della considerevole quantità di calorico che quell'acqua sottrae al poco vapore contenuto nel cilindro.

Tutte queste ricerche avrebbero assorbito ad ogni altro l'intiera giornata; Watt, mercè la straordinaria sua attività, potè condurle a buon porto senza trascurare affatto i lavori della sua officina meccanica.

La macchina di Newcomen esige due condizioni inconciliabili: la capacità inferiore del cilindro deve, durante la discesa dello stantuffo, mantenersi a bassa temperatura, poichè altrimenti vi rimarrebbe ancora del vapore dotato di forza elastica non trascurabile, questo vapore renderebbe lenta la discesa dello stantuffo, contrastando l'azione della pressione atmosferica, e diminuirebbe quindi la potenza della macchina. Ma subito dopo, quando il vapore — alla temperatura di cento gradi — che deve sollevare lo stantuffo, penetra in quel cilindro, le pareti del cilindro sono ancor fredde ed il vapore che viene a contatto con esse deve parzialmente condensarsi perdendo — per conseguenza — parte della sua forza elastica; altra causa di lentezza nell'andamento della macchina, poichè il contrappeso non può sollevare lo stantuffo fino a che il cilindro non è premuto dal sotto in su con una forza pari a quella che in direzione opposta è esercitata, dall'alto al basso, dalla pressione atmosferica sulla faccia superiore dello stantuffo. Questa circostanza corrisponde ad un aumento di spesa, poichè, evidentemente, convien consumare una quantità di vapore ben più rilevante di quella che basterebbe se le pareti del cilindro fossero mantenute ad alta temperatura; e il maggior consumo di vapore, in fin dei conti, si traduce in aumento di spesa. Vi persuaderete dell'importanza di questa condizione economica, udendo che il modello posseduto dall'Università di Glascow, caduto nelle mani di Watt, consumava, ad ogni oscillazione dello stantuffo, un volume di vapore — dotato della tensione atmosferica — quadruplo della capacità del cilindro. La spesa di combustibile, o, se meglio vi piace, la spesa pecuniaria indispensabile per mantenere la macchina in movimento, doveva essere ben minore potendo far scomparire la necessità dell'alternativo riscaldamento e raffreddamento del cilindro.

Questo problema, a primo aspetto insolubile, venne risolto da Watt in modo semplicissimo, come diremo fra breve.

Per dedicarsi completamente allo studio della macchina a vapore, Watt avrebbe dovuto poter rinunciare ai proventi del suo laboratorio meccanico, ma fatalmente la posizione finanziaria della sua famiglia, ridotta quasi alla miseria da replicati rovesci di fortuna, non solo non gli permetteva di chiudere il negozio, ma gli imponeva anzi gravi oneri. Tuttavia una felice circostanza favorì i suoi proponimenti. L'unica distrazione che Watt si dava settimanalmente, era una gita domenicale in un casino di campagna posto nelle vicinanze di Glascow, abitato nella bella stagione da un suo zio Miller. Lo zio aveva una figlia di diciott'anni, bella, colta ed amabile; Watt se ne invaghì, ne chiese la mano e la sposò nel 1764.

Quest'unione gli assicurò qualche agiatezza, gli permise di chiudere il piccolo laboratorio e di stabilirsi nell'interno della città per esercitarvi la professione d'ingegnere civile, ed occuparsi con maggior agio delle sue ricerche.

Le belle doti della sua sposa ebbero felicissima influenza sulla carriera di Watt. Sebbene dotato in sommo grado del genio per la meccanica, pure egli era di carattere indolente, aveva bisogno di quel dolce e segreto impero che esercita il cuore d'una donna amata per risvegliare e tener desto il suo genio.

Quest'influenza non tardò molto a manifestarsi: un anno dopo il matrimonio, nel 1765, Watt diede corpo finalmente alle idee che già da tempo gli passavano per la mente, effettuò, cioè, la prima e la più importante delle sue invenzioni, quella del *condensatore isolato*.

Abbiam veduto che il vizio capitale della macchina di Newcomen consiste nella necessità di

Fig. 54. Watt studia i perfezionamenti da introdurre nella macchina di Newcomen.

raffreddare e riscaldare alternatamente il cilindro per operarvi la condensazione del vapore, e che questo raffreddamento del cilindro — ottenuto con l'iniezione d'acqua fredda — fa perdere l'effetto utile di grandissima parte, circa tre quarti, del combustibile impiegato. Il problema, considerato fino allora come insolubile da tutti gl'ingegneri, di condensare il vapore senza raffreddare il cilindro, fu risolto completamente mercè la felice idea venuta in mente a Watt, di condensare il vapore in un vaso separato, comunicante col cilindro per mezzo d'uno stretto tubo munito di rubinetto. Questo vaso separato, che oggi porta il nome di *condensatore*, è la principale invenzione di Watt.

Si comprenderà facilmente l'importanza di quest'invenzione considerando l'influenza del condensatore.

Se esiste una libera comunicazione fra un cilindro ripieno di vapore ed un vaso vuoto d'aria e di vapore, buona parte del vapore contenuto nel cilindro passerà assai rapidamente nel vaso vuoto, in virtù della natural tendenza del vapore ad espandersi, questo passaggio cesserà solo allorquando il vapore si sarà dilatato in modo da presentare la stessa forza elastica così nel cilindro come nel vaso che gli sta accanto. Supponiamo ora che, mercè un abbondante e continuo getto d'acqua fredda il vaso in discorso sia mantenuto a bassa temperatura, allora il vapore vi si condenserà al suo entrarvi: tutto il vapore che dapprima era contenuto nel cilindro,

andrà successivamente a condensarsi in quel vaso; per tal guisa il cilindro rimarrà purgato dal vapore, senza che le sue pareti abbiano subito il più lieve raffreddamento; il nuovo vapore, che si volesse farvi entrare, non perderà per conseguenza neppure la più piccola parte della sua forza elastica.

Il *condensatore* chiama a sè il vapore dal cilindro, per due ragioni: perchè in parte è ripieno d'acqua fredda e perchè il resto della sua capacità non contiene fluidi elastici; ma non appena si è verificata una prima condensazione, scompaiono entrambe queste due propizie condizioni: l'acqua che ha servito alla condensazione si è riscaldata a spese del vapore condensato (poichè, come abbiam detto, la condensazione del vapore produce svolgimento di calorico) ed una notevole quantità di vapore si è formata a spese dell'acqua riscaldata. Da ciò ne viene che se, dopo ogni operazione, non si sottraessero l'acqua riscaldata ed il vapore da essa sviluppato, il condensatore non produrrebbe più il suo effetto. Watt rimediò a questo nuovo inconveniente ricorrendo ad un'ordinaria pompa aspirante che, in tal caso, è detta *pompa ad aria*, allo stantuffo della quale è applicato un gambo, convenientemente congiunto al bilancere messo in movimento dalla macchina. È ben vero che tutta la forza spesa a mantenere in movimento la pompa ad aria va naturalmente in diminuzione della forza della macchina, ma tuttavia c'è tutta la convenienza, poichè la perdita di forza risultante dall'adozione della pompa ad aria è di gran lunga minore della perdita di forza a cui conveniva sottostare nella macchina di Newcomen, ove il vapore necessario ad equilibrare la pressione atmosferica si condensava venendo a contatto con le fredde pareti del cilindro.

Con l'aggiunta del condensatore isolato, Watt introdusse una modificazione sostanziale nella macchina di Newcomen: ottenne l'economia di più della metà nella spesa del combustibile. Ma la macchina così riformata si fondava ancora sullo stesso principio. Era pur sempre la *macchina atmosferica* in cui la forza motrice è il peso dell'aria gravitante sulla faccia superiore dello stantuffo; il cilindro è aperto superiormente per lasciar entrare quest'aria, che al progressivo abbassarsi dello stantuffo si trova successivamente a contatto con le pareti interne del cilindro. Queste sono naturalmente mantenute, dal vapor acqueo, a temperatura ben più alta della temperatura dell'aria atmosferica; perciò il contatto di questa con le pareti interne del cilindro determina un abbassamento nella temperatura di queste pareti; quando il vapore rientra nel cilindro per sollevarvi lo stantuffo, parte di questo vapore deve condensarsi pel contatto con le pareti del cilindro raffreddate dall'aria atmosferica. Watt superò anche questo ostacolo cangiando radicalmente il principio motore della macchina a vapore. Egli escluse completamente l'intervento della pressione atmosferica, e fece dipendere l'azione della nuova macchina esclusivamente dalla forza elastica del vapore.

L'unita figura 55 ci permetterà di spiegarvi in qual modo Watt potè nella sua nuova macchina, detta perciò *macchina modificata* di Watt od anche *macchina a semplice effetto*, rinunciare all'intervento della pressione atmosferica.

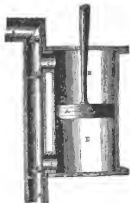



Fig. 55. Interno del cilindro e stantuffo motore nella macchina di Watt ad effetto semplice.

Il cilindro B, chiuso inferiormente da un fondo massiccio, è chiuso superiormente da un coperchio metallico, forato nel mezzo; traverso questo foro passa il gambo d'uno stantuffo A. Per impedire che il vapor acqueo, che, come vedremo fra breve, riempie tutto il cilindro, possa sfuggire traverso la sottil fessura circolare che necessariamente deve rimanere fra il perimetro del foro ed il perimetro del gambo, si circonda il foro con stoppa spalmata d'unto, che pur permettendo al gambo di scorrere su e giù, impedisce tuttavia la più lieve fuga di vapore. Dicesi allora che quel foro è chiuso a tenuta di vapore. Anche lo stantuffo A è applicato a tenuta di vapore contro le pareti del cilindro, esso è costrutto in guisa da non permettere il più lieve passaggio di vapore dalla capacità inferiore alla capacità superiore del cilindro o viceversa. Un tubo E, comunicante con la caldaia, conduce il vapore dalla caldaia alla capacità superiore del cilindro nella quale penetra traversando il condotto C, purchè la valvola d'ammissione G

sia aperta e la *valvola d'equilibrio* H sia chiusa. Questo vapore tendendo per sua natura ad espandersi, preme tanto le pareti interne della capacità superiore del cilindro, quanto la faccia inferiore del coperchio, quanto ancora la faccia superiore dello stantuffo A. Se la macchina è solidamente costrutta, nè le pareti nè il coperchio possono cedere alla pressione del vapore, ma lo stantuffo, che è libero di salire e scendere, cede a quella pressione e si abbassa senza incontrare alcun ostacolo poichè, durante tutta la discesa dello stantuffo, il vapore — che precedentemente occupava la capacità inferiore del cilindro — si scarica tutto nel condensatore, passando pel condotto inferiore C nel tubo F, comunicante direttamente col condensatore; la *valvola d'uscita* K, rimane aperta durante tutto questo periodo. Questa comunicazione della capacità inferiore del cilindro col condensatore produce il vuoto in detta capacità. Giunto che sia lo stantuffo al punto più basso del cilindro, si chiudono le valvole G e K e si apre la valvola d'equilibrio H; per tal guisa si stabilisce una comunicazione fra la capacità superiore e la capacità inferiore, appena il vapore trova aperto un varco, si espande, occupa tutto lo spazio compreso fra le due valvole G e K — che, lo rammentiamo, sono ora mantenute chiuse — e penetra anche nella capacità inferiore del cilindro. Lo stantuffo che, fino ad ora, era premuto dal vapore soltanto sulla faccia superiore, trovasi ora premuto anche sulla faccia inferiore, queste due pressioni si equilibrano perfettamente; e per far risalire lo stantuffo si ha da vincere il suo peso soltanto. Ecco dunque che per far risalire lo stantuffo basterà, come nella macchina di Newcomen, collegare il gambo dello stantuffo all'estremità di un bilanciere munito di contrappeso all'altra estremità, e così lo stantuffo ritorna al punto più alto del cilindro.

Riesce agevole il comprendere che, aprendo ora le due valvole G K e chiudendo la valvola intermedia H, il vapore affluirà di bel nuovo dalla caldaia nella capacità superiore del cilindro; la valvola K, mantenuta aperta, lascia passare il vapore dalla capacità inferiore del cilindro nel condensatore. In tale stato di cose, la forza elastica del vapore giunto, dalla caldaia, nella capacità superiore del cilindro premerà di bel nuovo la faccia superiore dello stantuffo e lo obbligherà a discendere fino al fondo del cilindro. Ristabilendo allora la comunicazione fra la capacità superiore e la capacità inferiore del cilindro — scopo che si raggiunge aprendo la valvola intermedia H — impedendo in pari tempo l'accesso di nuovo vapore dalla caldaia e lo scarico del vapore dal cilindro nel condensatore — il che si ottiene chiudendo le valvole G e K — lo stantuffo si troverà di bel nuovo premuto tanto sulla faccia superiore quanto sulla faccia inferiore e risalirà pel solo effetto del contrappeso. Aprendo e chiudendo opportunamente le tre valvole G, H e K si imprime un movimento continuo di va e vieni allo stantuffo e quindi al gambo che lo sormonta. Questo movimento, che dicesi *rettilineo alternativo*, può essere agevolmente trasformato, come vedremo fra breve, in qualsiasi altra specie di movimento e può quindi essere impiegato in mille modi nella meccanica.

XV.

Superiorità della macchina di Watt su quella di Newcomen. — I nemici naturali di ogni invenzione. — Associazione di Watt col dottor Roebuck. — Generosità di Watt. — Suoi lavori del tutto estranei alla macchina a vapore. — Associazione di Watt e Bulton. — Lo stabilimento di Soho. — I due soci chiedono soltanto un terzo del combustibile economizzato ed ottengono vistosi beneficii. — Il pubblico ed i *fabbricatori di idee*. — Formidabile opposizione mossa ai due soci, vinta dalla tenacità e dalle buone ragioni di Watt.

Grazie al nuovo ed ingegnoso impiego della forza elastica del vapore acqueo, descritto nel precedente capitolo, Watt creò — si può ben dirlo — la vera macchina a vapore. La macchina di Newcomen non merita questo nome, ma quello soltanto di *macchina atmosferica*, poichè essa deve la sua forza alla pressione atmosferica, non già alla forza elastica del vapore che serve soltanto, lo ripetiamo, a praticare il vuoto nella capacità inferiore del cilindro. Alla macchina atmosferica, sorta dalle scoperte di Torricelli, di Pascal e d'Ottone di Guericke, e che il genio di Papin e la sagacità di Newcomen avevano tradotte in pratica, Watt sostituiva una macchina di gran lunga superiore nell'intensità dei suoi effetti, che traeva tutta la sua forza dal solo vapore acqueo. I vantaggi, la forza e l'economia di questo nuovo motore, superavano di gran lunga ogni speranza. Il lettore s'imaginerà quindi che, appena conosciuta la macchina di Watt, essa sia stata ovunque sostituita alla macchina di Newcomen — relativamente ben più dispendiosa — che era già molto diffusa nei distretti carboniferi d'Inghilterra, pel sollevamento delle acque dal fondo delle miniere. Tutt'altro. Un inventore ha sempre, per naturali nemici, tutti coloro che temono di essere più o meno danneggiati dalla nuova invenzione, gli ostinati fautori delle cose già vecchie, ed infine gli invidiosi. Queste tre classi riunite, convien pur confessarlo, formano la gran maggio-

ranza del pubblico. Questa compatta falange d'oppositori può esser vinta soltanto dal tempo, che riesce a scomporla e, a lungo andare, anche a sperderla completamente. Volendo affrettare il risultato bisogna combatterla accanitamente, combatterla senza tregua in tutti i modi possibili — L'energia di carattere, la fermezza di volontà necessaria a sbrogliare gl' intrighi per quanto abilmente sieno orditi, può benissimo mancare al genio creatore. Watt ne fu una prova delle più convincenti. La sua invenzione fondamentale, la sua felice idea di condensare il vapor acqueo in un vaso completamente separato dal cilindro in cui si esercita l'azione meccanica del vapore, data dal 1765. Trascorsero due lunghi anni durante i quali Watt fece appena qualche timido passo per applicarla in grande scala, per trasportarla nella pratica industriale. Erano necessarii vistosi capitali, Watt non ne aveva e non aveva neppure le qualità necessarie a far comprendere ai capitalisti — generalmente poco propensi ad avventurarsi nell'ignoto — tutta l'importanza d'un'invenzione. Watt detestava quelle promesse esagerate che molti inventori usano lanciare ai quattro venti per allettare i capitalisti. Ci volle tutta l'energia degli uomini insigni — da noi già nominati — di cui Watt aveva saputo cattivarsi l' amicizia, per vincere la sua ripugnanza a mettersi in rapporti con un grande industriale, il dottor Roebuck, fondatore della celebre officina di Carron. Costui trovavasi, appunto allora, ingolfato in grandiose imprese per l' esercizio delle miniere di carbon fossile e delle saline di Borrowstones. Ei comprende tosto tutta l' importanza dell' invenzione di Watt. L' inventore e l' uomo d'affari stringono società; questi pone i suoi *capitali* a disposizione di quello, ottenendo in *compenso i* due terzi dei *futuri utili* che sarebbero *ridondati* dai brevetto *di privativa* già procuratosi *da* Watt per guarentirsi la proprietà della sua *invenzione*.

Watt pone tosto mano alla costruzione della sua macchina, che *in breve è terminata* e funziona alla bocca d' un pozzo di *miniera* — nelle vicinanze di Borrowstones — estraendo l' acqua, sorgente nel fondo di quella *miniera* di carbon fossile. La nuova macchina *conferma* tutte le previsioni di Watt. Il buon *esito* sembra ormai definitivamente assicurato. Ma sul più bello, la fortuna di Roebuck —— causa l' infelice riuscita di alcune sue imprese —— è talmente scossa che Watt comprende dover rinunciare alla sua cara idea di fondare un grande stabilimento per la *fabbricazione* di macchine a vapore. Watt, che *pur* vantava grossi crediti dal *suo* socio, ebbe la generosità di rompere l' associazione e di *liberarlo* da *ogni* impegno. Watt avrebbe potuto rivolgersi in cerca d' altro capitalista, ma preferì rinunciare alla sua invenzione e cangiar carriera. — Si dedicò ai lavori d' ingegnere d' acque e strade. Nel 1767 Watt livellava e triangolava il terreno fra i fiumi Forth e Clyde per la scelta del tracciato più conveniente per un canale destinato a congiungere quei due fiumi. Di lì a poco, tracciò il piano d' un canale destinato a portare a Glascow il carbone delle miniere di Monkland e ne diresse, lui stesso, i lavori. Elaborò altri progetti consimili, fra cui quello d' un canale navigabile attraverso all' istmo di Crinan; si occupò profondamente degli studii relativi al miglioramento dei porti di Ayr, di Glascow e di Greenock; costruì i ponti di Hamilton e di Rutberglen; esplorò i terreni traverso i quali doveva passare il celebre canale Caledonio. Questi lavori occuparono Watt fino al cadere del 1773. Senza attenuar per nulla il merito di questi lavori, è permesso tuttavia — dice Arago — non attribuire ad essi una straordinaria importanza, ed affermare che per concepirli, dirigerli ed eseguirli, non era certo necessario un genio della forza di Watt.

L' inventore d' una macchina destinata a far epoca negli annali dell'umanità subì per ben otto anni, senza far sentire un lagno, l' alterigia e lo sprezzo dei capitalisti; per quel lungo periodo di tempo applicò il suo genio a levar piani, a livellare terreni, ad eseguire i lunghi e noiosi calcoli degli sterri e dei riporti, a cubare muratore.

A quel tempo Watt fu colpito da grave sciagura, che contribuì ancor più a sviarlo dai grandi progetti che l' avevano per breve tempo sedotto. Mentre trovavasi, pei suoi lavori, nel nord della Scozia, ebbe il dolore di perdere la sua dolce, la sua tenera compagna. Completamente immerso nel dolore, Watt non pensava più ai suoi primi lavori; sembrava aver dimenticato che nelle sue mani stava la futura ricchezza del suo paese. Per buona sorte, i suoi amici non lo dimenticavano.

Questi riuscirono finalmente, sul principio del 1774, a trionfare sulla sua ripugnanza e lo misero in relazione con un celebre industriale, Matteo Bulton di Birmingham.

Bulton possedeva il genio dell' industria forse allo stesso grado che Watt possedeva il genio della meccanica. Era egli reputato il più ricco, il più abile ed il più intraprendente manifatturiere d'Inghilterra. Lo stabilimento da lui fondato pochi anni prima a Soho, in vicinanza di Birmingham, per la fabbricazione d'ogni genere di lavori in ferro, acciaio ed argenteria, era fra i più importanti e meglio ordinati di tutto il Regno.

Avuto appena sentore delle modificazioni introdotte nella macchina a vapore dall'ingegnere di Glascow, ne intravvide tutto l'avvenire e non esitò a mettere l'intera sua sostanza a disposizione dell'inventore. Strinse con Watt un contratto di società, e fece costruire immediatamente una prima macchina in grandi proporzioni, cui impiantò nella sua officina di Soho, affinchè il pubblico potesse apprezzarne gli effetti coi proprii occhi.

Ma il brevetto ottenuto da Watt nel 1769 spirava di lì a pochi anni. Per prolungarlo convenne rivolgersi al Parlamento. Mercè il credito e l'attività di Bulton si ebbe dal Parlamento, non senza molte difficoltà (1), la prolungazione del privilegio.

Contrariamente alle disposizioni allora in vigore pei brevetti, Bulton e Watt ottennero nel 1775 un nuovo privilegio durevole venticinque anni « in vista del merito eminente delle invenzioni dell'autore » attestato dai più autorevoli scienziati di Londra. I due soci poterono allora lanciarsi arditamente nella brillante carriera che si schiudeva dinanzi a loro.

Per la diversa natura del loro carattere e del loro ingegno Bulton e Watt sembravano essere stati creati espressamente, ciascuno per la sua parte, allo scopo di condurre a bene un'impresa di questo genere. Watt era riservato, studioso e fuggiva il mondo; Bulton, invece, uomo attivo, intelligente, sempre in moto, frequentatore dell'alta società e da essa ben accolto, benchè fosse nemico dei complimenti. Eppure, con indole così varia, non si videro mai due uomini andar sempre e sì perfettamente d'accordo come Bulton e Watt; sicchè i loro nomi sono inseparabili nell'immortalità (2).

Ottenuto il brevetto, Bulton convertì parte del suo stabilimento di Soho in officina destinata alla fabbricazione delle macchine a vapore. Con autentiche sperienze eseguite in presenza di proprietarii ed azionisti di miniere, egli dimostrò la notevole economia che si otteneva dalla nuova pompa a fuoco allora installata a Soho. Si riconobbe che, a pari effetto, essa riduceva di tre quarti la spesa del combustibile richiesto dalla macchina di Newcomen. In breve, mercè il sistema stabilito da Bulton per l'esecuzione dei singoli organi meccanici, furono in pronto parecchie macchine a vapore destinate all'asciugamento delle miniere.

Allora fu visto in Inghilterra un fenomeno industriale che forse non si rinnoverà mai più, fenomeno che onorava egualmente l'audacia dello speculatore ed il genio del meccanico. Bulton e Watt non vendevano le loro macchine, le davano a chi voleva prenderle, si incaricavano anzi di impiantarle e di mantenerle a loro spese, e per giunta acquistavano le antiche macchine di Newcomen a prezzo ben superiore al loro valore.

Bulton esborsò in questa guisa sino a 47,000 lire sterline (1,175,000 lire italiane) prima di averne incassata neppur una! Egli reclamava dai proprietarii di miniere soltanto *il terzo della somma annualmente economizzata sul combustibile.*

In faccia a simili condizioni, non c'era da esitare pei proprietarii di miniere. Le macchine di Watt incominciarono ad essere adottate in molte miniere di Cornovaglia, di là si diffusero nella maggior parte delle contee carbonifere d'Inghilterra ed i due soci incominciarono a lucrare grossissimi beneficii.

In fatti l'ardita combinazione ideata da Bulton era stata altrettanto abile quanto generosa. Le macchine, che parevano regalate, finivano col costare somme esorbitanti. Vi basti questo esempio: Nelle miniere di Chacewater ove funzionavano tre pompe animate da altrettante macchine di Watt, i proprietarii trovarono il loro tornaconto a riscattarsi dai diritti spettanti a Bulton e Watt pagando ad essi un canone annuale di 60,000 lire italiane. In quel solo stabilimento, la sostituzione del *condensatore* all'iniezione interna aveva procurata un'economia di combustibile superiore alle 180,000 lire italiane.

Gli uomini, osserva Arago nella citata biografia che forma la base di questi capitoli, pagano senza aprir bocca l'affitto d'una casa, il prezzo d'una possessione; ma perdono la loro buona volontà quando si tratta d'un'idea, per quanti vantaggi, per quanti beneficii si possano ricavarne. Per un'idea! Le idee si concepiscono forse senza fatiche, senza stenti? E d'altronde — dice il pubblico —

(1) « Per condurre a buon porto quell'affare, scriveva il celebre meccanico al suo vecchio padre, ci vollero non poche spese, non poche inquietudini. Non saremmo certo riesciti senza l'aiuto di alcuni amici zelanti, poichè molti fra i più potenti personaggi della Camera dei Comuni ci erano sfavorevoli ».

(2) Nelle note con cui accompagnò un saggio del professore Robison intorno alla macchina a vapore, Watt si espresse nei seguenti termini, parlando di Bulton: « L'amicizia ch'ei mi accordava finì colla sua vita. Quella ch'io gli portava mi impone l'obbligo di cogliere quest'occasione, forse l'ultima che mi si presenta, per dire tutto il bene ch'io gli devo. Agli affettuosi incoraggiamenti di Bulton, al suo amore per le scoperte scientifiche, alla sua attitudine a rivolgerla al progresso delle arti, non meno che alla sua profonda cognizione degli affari manifatturieri e commerciali, attribuisco in gran parte il buon esito che coronò i miei sforzi.

chi potrebbe provare che coll'andar del tempo non sarebbero venute in mente a chiunque? Alcuni giorni, alcuni mesi, anche anni di precedenza non potrebbero giustificare un privilegio!

Queste opinioni erano ancora accreditatissime nello scorso secolo. Gli uomini di genio, i *fabbricatori di idee* sembrava fossero condannati a rimanere estranei ai godimenti materiali: era naturalissimo che la loro storia continuasse a rassomigliare ad una leggenda di martiri!

I proprietari di miniere, che da principio avevano accolta con riconoscenza codesta combinazione, non vollero rassegnarsi lungo tempo a vedere i soci intascare beneficii tanto rilevanti. Cresceva ogni giorno la ripugnanza dei proprietarii a soddisfare ai loro obblighi, e ben presto numerosi processi minacciarono seriamente le sorti dell'impresa di Bulton.

Chi si appoggiava su pretesi perfezionamenti introdotti negli apparecchi di Watt allo scopo di sciogliersi da ogni diritto di privativa; chi ro-

Fig. 56. Interno dell'officina di Soho sul cadere del XVIII secolo.

vistava le biblioteche per scoprirvi titoli di priorità contro di lui e poter così domandare l'annullamento dei suoi brevetti.

L'argomento massimo consisteva nel pretendere che Watt era già stato ricompensato sufficientemente delle sue fatiche, e poi che in fin dei conti non aveva inventato che delle idee. Quest'argomento fece dire ad un avvocato che perorava la causa di Watt dinanzi ai tribunali: « Andate, signori, andate pure a toccare queste pretese idee astratte, queste combinazioni intangibili, come a voi piace chiamare le nostre macchine; esse vi schiacceranno come mosche, vi sbalzeranno nell'aria a distanze prodigiose. »

Tuttavia l'imperfezione che a quel tempo presentava la legge inglese sui brevetti, lasciava largo adito alla mala fede ed alla frode. Regnavano inoltre nell'animo dei giudici molte prevenzioni e molta sfiducia contro i brevettati. Le Loro Signorie spiegavano uno zelo ed un ardore instancabili per scoprire vizii di forma nei brevetti di Watt e per rintracciare, nel testo d'antiche leggi, disposizioni contrarie al suo privilegio.

Ciò spiega come, ad onta dell'evidenza dei loro diritti, Watt e Bulton furono vinti in corte di giustizia.

Questa sconfitta era grave: essa raddoppiò l'audacia e le pretese dei plagiarii. Capitalisti che non avrebbero osato trasgredire a faccia aperta

ai brevetti di Watt, incoraggiati da questo primo risultato, si adoperavano attivamente a far rilasciare ad uomini senza credito nuovi brevetti contenenti qualche modificazione insignificante; e poi, armati di questi documenti sospetti, andavano dinanzi ai tribunali a battere in breccia le pretese dei soci.

Queste difficoltà che ripetevansi tutti i giorni, e ognora più si complicavano, avrebbero sconcertato chicchessia, ma non Watt che, durante la sua vita, avea combattute lotte ben più aspre e n'era sempre uscito vincitore. Egli non indietreggiò in faccia ai suoi avversarii. Decise d'abbandonare per qualche tempo la sorveglianza della sua officina e si recò a Londra a perorarvi la propria causa. Per otto anni di seguito, il genio del grande meccanico fu deviato dalla sua strada naturale, e nel frattempo ebbe campo di farsi perfetto legista.

Il successo coronò alla fine i suoi sforzi; ma ben tardi. Solo nel 1799, trentacinque anni dopo le sue prime invenzioni, i tribunali gli resero ragione, rimettendolo definitivamente nel pieno possesso del suo privilegio; e siccome questo privilegio spirava entro un anno, così il trionfo della vittoria riportata in faccia ai tribunali era quasi derisorio. Il che gli faceva dire pacatamente, che era ben lieto di abitare un paese dove bastavano 35 anni di discussione ed una dozzina di processi per assicurare ad un onesto cittadino la ricompensa del suo lavoro.

Intanto, verso il 1796, stanco delle lunghe noie derivanti dalle contestazioni giudiziarie, Watt era ritornato ai suoi consueti lavori; e da allora in poi si dedicò esclusivamente alla soluzione del problema fondamentale che già da gran tempo attraversava la sua mente.

Fin allora la macchina a vapore aveva servito unicamente all'innalzamento dell'acqua dal fondo delle miniere; Watt voleva trasformare la potenza di cui erasi impossessato, in motore atto a ricevere tutte le applicazioni che possonsi richiedere dall'industria. Egli che aveva creata la *pompa a fuoco* voleva creare anche un motore universale. Il suo genio risolvette questo grande problema nel modo più assoluto, tanto nel principio generale quanto nei più delicati particolari, mercè una serie di invenzioni di cui andremo esponendo gli elementi in un prossimo capitolo.

XVI.

INVENZIONE FINALE DELLA MACCHINA A VAPORE.

Macchina di Watt a doppio effetto. — Il parallelogramma semplice ed il parallelogramma articolato. — Trasformazione del moto rettilineo alternativo dello stantuffo in moto circolare continuo. — La manovelle, le bielle ed il volante. — La legge d'inerzia. — Necessità di regolare automaticamente l'azione delle macchine a vapore: il regolatore a forza centrifuga. — Orologio mosso da una macchina a vapore. — Rapida diffusione delle macchine a vapore.

Abbiamo veduto che nella *macchina ad effetto semplice*, ove Watt sostituiva alla pressione atmosferica la sola potenza del vapore, l'azione motrice si esercita realmente solo durante la discesa dello stantuffo. L'oscillazione ascendente è prodotta dal contrappeso attaccato al bilancere; poichè basta la discesa del contrappeso a far risalire lo stantuffo, quando la pressione del vapore è diventata eguale sulle due facce dello stantuffo. Questa macchina agiva dunque intermittentemente; inconveniente di nessuna importanza finchè si trattava d'innalzare le acque, ma che diventava gravissimo ed intollerabile volendo applicare la macchina a vapore a tutti gli usi industriali. Il lavoro uniforme e continuo delle manifatture esige che la forza motrice possa esercitarsi in egual modo, tanto nella salita quanto nella discesa dello stantuffo motore. Era quindi necessario ottenere questa continuità d'effetto anche dalla macchina a vapore.

Watt conseguì quest'importante risultato nel seguente modo. Anzichè limitarsi a far agire il vapore, proveniente dalla caldaia, soltanto sulla faccia superiore dello stantuffo, ei diresse il vapore alternatamente al disopra ed al disotto dello stantuffo, ottenendone così tanto la salita quanto la discesa mercè il solo vapore. Egli stabilì le comunicazioni necessarie fra il cilindro ed il condensatore, applicò opportunamente delle valvole, che la macchina stessa apre o chiude a seconda

del vaso, in modo che il vapore contenuto nella capacità superiore del cilindro passa nel condensatore, nel momento in cui lo stantuffo giunge al termine della discesa. Da quest'istante in poi rimane aperta una luce che permetta al vapore, proveniente dalla caldaia, di giungere al disotto dello stantuffo, questi si solleva non incontrando alcuna resistenza, poichè il vapore che prima trovavasi al disopra dello stantuffo è passato nel condensatore lasciando vuota la capacità superiore del cilindro. Al giungere dello stantuffo al punto più alto della sua corsa, il vapore che trovasi sotto di esso (nella capacità inferiore del cilindro) passa nel condensatore, e nuovo vapore affluisce dalla caldaia nella capacità superiore del cilindro. Si imprime così allo stantuffo un movimento continuo ed utile tanto nella sua salita quanto nella sua discesa.

Questa nuova disposizione del meccanismo rese perfetta la macchina a vapore. Gli enormi contrappesi ch'eransi fin allora adoperati per equilibrare lo stantuffo, divennero inutili, e per la prima volta si potè sbarazzare la macchina a vapore dalle masse pesanti che formavano il bilancere di Newcomen. Si poterono egualmente far scomparire le considerevoli quantità di ferro o di legno che venivano impiegate per raddolcire gli effetti dell'urto inevitabile, prodotto dai movimenti alternati, di ascesa e discesa del contrappeso.

La *macchina a doppio effetto*, com'essa venne denominata, eseguisce, in uno stesso tempo, un lavoro doppio della macchina ad effetto semplice, ma consuma doppia quantità di vapore. Tutto il vantaggio sta dunque nella più rapida successione dei suoi effetti, circostanza utilissima per una macchina destinata a servire come motore d'applicazione generale.

Onde trar partito dalla forza motrice sviluppata dalla macchina a vapore così modificata, era indispensabile ritrovare un nuovo mezzo di trasmettere al bilancere il movimento dello stantuffo. Ed in fatto, riesce facile comprendere, che il mezzo impiegato nella macchina di Newcomen, in cui il vapore imprime allo stantuffo motore solo un impulso dall'alto al basso, non può applicarsi alla macchina a doppio effetto, che deve trasmettere la forza tanto dall'alto al basso quanto dal basso all'alto. Nella macchina di Newcomen, due catene fissate alle sue due estremità bastano a mettere in movimento il bilancere, come s'è visto nella fig. 50 a pag. 65. Nell'oscillazione discendente lo stantuffo tira a sè il bilancere mercè la catena; nell'oscillazione ascendente il solo contrappeso, per mezzo dell'altra catena, fa risalire lo stantuffo. Ma nella macchina a doppio effetto, il contrappeso non c'entra per nulla; è la sola pressione del vapore che fa salire alternatamente e scendere lo stantuffo. Bisognava dunque imaginare un altro mezzo per comunicare al bilancere i due movimenti di ascesa e discesa; e bisognava a tale scopo far coincidere il movimento dell'estremità del bilancere, che descrive un arco di cerchio, col movimento rettilineo di va e vieni del gambo dello stantuffo.

Nelle prime sue macchine, Watt s'era contentato di guernire d'un'asta dentata la porzione di gambo dello stantuffo che sporge fuori dal cilindro. Quest'asta dentata ingranava i suoi denti con quelli d'una ruota pure dentata; mezzo semplicissimo per trasmettere il movimento. Ma questo congegno produceva gran rumore e guastavasi con molta facilità, in ispecie quando cangiavasi la direzione del movimento. A questo congegno Watt sostituì quello più complicato che si conosce col nome di *parallelogramma articolato* di Watt. Per facilitare la spiegazione di questo ingegnoso apparecchio, premettiamo la descrizione di un altro parallelogrammo conosciuto sotto il nome di Bourdon, tuttochè esso siasi inventato più tardi.

Sia C B (fig. 58) una leva girevole intorno al perno C, ed O D un'altra leva di lunghezza eguale alla precedente, girevole alla sua volta intorno al perno O; supponiamo ora che le estremità B e D di queste due leve sieno unite con snodatura ad una verga intermedia, o biella B D. Movendo la leva BC, l'estremità B della stessa descriverà un arco di cerchio (che vedete punteggiato) intorno al perno C; del pari, muovendo la leva OD, il punto D' descriverà un arco consimile intorno al perno O; per conseguenza la biella BD si appoggerà continuamente per mezzo delle sue estremità su due archi di cerchio. Si può riconoscere sperimentalmente — e si può dimostrarlo colla geometria — che il punto di mezzo M della biella BMD descriverà, purchè le escursioni dei punti B e D non sieno molto ampie, una curva che ben poco si scosta da una linea retta.

Il lettore potrà farsi un'idea della natura della curva descritta da questo punto M coll'aiuto della fig. 58 che potrebbe da sè stesso rifare con tutta facilità. Ed infatti se il tirante BD deve avere sempre il suo estremo B sulla circonferenza di centro C e l'estremo D su quella di centro O, descritte queste due circonferenze, e segnati sul margine rettilineo di una lista di carta i tre punti B.M.D, non si avrà che a spostare successivamente la lista di carta per modo che il punto B si avrà sempre sulla circonferenza B'B" e il punto D sulla D'D", e ad ogni posizione della lista, segnare sulla carta un punto in corrispondenza del

punto M che sta sulla lista. Così facendo per tutte le posizioni possibili si trova che la curva descritta MM'N'm'm"N"M"M (che geometricamente parlando appartiene al genere delle *lemniscate*) presenta un nodo in M, e che è simmetrica tanto rispetto alla linea OC che unisce i due punti fissi intorno ai quali la rotazione ha luogo, quanto rispetto alla N'N" perpendicolare alla OC. Perchè sia possibile al punto M tutta intiera la curva, bisogna che il braccio di leva BC si sia mosso od abbia oscillato fra le due posizioni estreme CB' e CB" e consegnentemente che il braccio di leva OD abbia oscillato fra le due posizioni estreme Od' e Od". È molto facile trovare geometricamente queste posizioni estreme e convincersi che sono veramente tali, poichè è evidente che quando il tirante BD si troverà nella posizione b'd' od in quella b"d", formando così una sola linea retta colle posizioni rispettive del braccio di leva b'C, ovvero b"C, non riescirà possibile all'altro braccio di leva OD di oltrepassare la posizione Od' e quella Od", essendochè il punto C è fisso, e le due verghe Cb' e b'd' sono di lunghezza invariabile. Per trovare quindi le due posizioni estreme Od' ed Od" si farà centro in C con raggio eguale alla somma del braccio di leva CB e del tirante BD, e si taglierà la circonferenza di centro O in d' e d". Analogamente si troveranno le posizioni estreme CB' e CB".

Se però si limitano le oscillazioni per guisa da

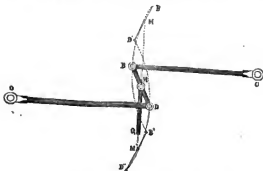



Fig. 57. Parallelogrammo semplice di Watt.

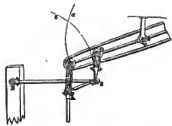



Fig. 58. Parallelogramma articolato di Watt.

non descrivere tutta quanta la curva, ma solamente un tratto M'M"; per la qual cosa basta che la leva CB oscilli solamente fra B' e B", e corrispondentemente che la leva OD oscilli fra D' e D", il movimento del punto M che descrive la curva si confonde sensibilmente con quello di una linea retta.

Se quindi si articola al punto M (fig. 57) il gambo M dello stantuffo, il movimento rettilineo alternativo dello stantuffo sarà trasformato in movimento alternativo circolare del punto B intorno al centro C e del punto D intorno al centro O.

Vengasi ora al parallelogrammo articolato di Watt. Esso è rappresentato dalla figura 58 tal quale come usavasi allora, ed è ancora riprodotto dalla figura 59 con sole linee geometriche per meglio chiarire il suo modo di agire. Le lettere sulle due figure si corrispondono. Al *bilancere* CF che oscilla intorno ad F sono attaccate a snodo due aste eguali CA e BD mantenute fra loro parallele da una terza asta AB eguale in lunghezza alla distanza CD. Si ha così un parallelogrammo snodato ABCD. Al punto B è inoltre articolato un'altra asta EB, la quale è girevole intorno ad un punto fisso E. Tutte queste aste hanno ricevuto il loro nome particolare. Così la CA prese nome di *tirante maestro;* la BD di *tirante di dietro,* la AB di *spranga parallela* a la EB di *guida.* Lo scopo da conseguire con tutte queste sbarre snodate è quello di trasformare il moto rettilineo dell'asta dello stantuffo attaccato al punto A in moto circolare alternativo del punto C. Tutto sta dunque a vedere se realmente il punto A descriva una retta, poichè il punto C è evidentemente costretto a rimanere sulla circonferenza di raggio CF. Perciò si conduca la linea punteggiata AF; essa incontra la BD in *a;* e se si ha, come quasi sempre avviene (sebbene non sia necessario), CD=EF, si avrà pure Aa=aF perchè CA e Da saranno in qualsiasi posizione del parallelogrammo sempre parallele, tuttochè varino tutte due di lunghezza per ogni posizione. Le due curve descritte dai punti

A ed a saranno dunque simili, perchè i loro raggi settori Fa e FA condotti dal polo fisso F sono sempre nel rapporto costante di FD ad FC. Ma il tirante di dietro DB è costretto a muoversi coi due estremi su due circonferenze l'una di centro F e l'altra di centro D, e già sappiamo che il punto a descrive una linea che si confonde con una linea retta se le oscillazioni del punto D intorno ad F non passano un limite stabilito; dunque anche il punto A si muoverà sensibilmente in linea retta.

Se si prolunga la CA d'una quantità AC' eguale a sè stessa; e se uniti i due centri fissi E ed F si prolunga la EF di una quantità EE' parimenti eguale a sè stessa; se finalmente si concepisca un tirante C'C articolato a due leve CF ed EC', ben si vede che con questo congegno, che in sostanza è il parallelogrammo di Bourdon, od il parallelogrammo semplificato di Watt, come taluni lo dicono, si otterrà per il punto A lo stesso movimento.

Fig. 59. Teoria del parallelogramma articolato

Ma si ha, colla disposizione ideata da Watt, il vantaggio di occupare molto minor spazio, e di avere ad un tempo due punti moventisi in linea retta A ed a a vece d'un solo. È però certo che Watt inventando nel 1784 il parallelogrammo non ha fatto tutti questi ragionamenti; ma semplicemente intuì ogni cosa; poi costrusse e provò; meravigliandosi di vedere il suo parallelogrammo giuocare meglio ancora di quanto aveva sperato.

Col tempo si adottarono altre disposizioni per la costruzione di quest'apparecchio, ma il principio che serve ad esso di base è rimasto sempre il medesimo.

Non bastava però aver trasmessa la forza al bilancere, bisognava ancora trasformare il movimento circolare di va e vieni impresso a questo bilancere in movimento circolare continuo, atto a muovere una ruota od un volante fissato all'asse della macchina; che trasmette poi il movimento agli organi speciali che devono riceverlo per l'esecuzione d'un determinato lavoro. Così e non altrimenti si poteva giungere all'applicazione del motore a tutti gli usi industriali. Watt risolvette felicemente anche questo problema con una semplice applicazione della manovella che adoperano gli arrotini. Voi la vedete rappresentata, unitamente al volante, nella unita figura.

Un'asta inflessibile B (figura 60), che in tal caso dicesi biella, discende dall'estremità del bilancere. L'estremità superiore di quest'asta è articolata (ovverosia congiunta mediante perno) col bilancere; l'estremità inferiore di quest'asta o biella B, è analogamente articolata con un'asta C che prende il nome di *manovella*; quella manovella è congiunta invariabilmente all'asse E di una ruota AA molto pesante e di grande diametro che dicesi *volante*.

Vediamo ora in qual modo funziona questo congegno. Quando il movimento dello stantuffo

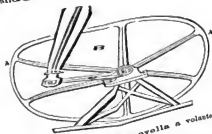



Fig. 60. Manovella a volante.

ha fatto abbassare il bilancere, la biella (B) è necessariamente costretta ad abbassarsi, ed abbassandosi trae seco la manovella (c), ed essendo quest'ultima invariabilmente congiunta all'asse del volante, il movimento della manovella obbliga l'asse a girare, e gira quindi anche la gran ruota o volante (A). Quando la biella abbassandosi si trova in direzione verticale, anche la manovella ha la stessa direzione, e l'una e l'altra si arresterebbero se il volante, per la *legge d'inerzia* (qualsiasi corpo messo in movimento non si arresterebbe mai se non trovasse impedimenti), non si muovesse ancora in virtù della velocità già acquistata; così il movimento del volante mantiene in movimento anche la manovella e la biella che principiano a salire; frattanto incomincia l'opposta oscillazione dello stantuffo, il bilancere si innalza traendo seco la biella e la manovella, ed obbligando quindi il volante a continuare a muoversi circolarmente. Il moto circolare continuo così acquistato dal volante è poi trasmesso con tutta facilità ai singoli organi operatori che debbono esser messi in movimento.

Abbiam detto che il volante si fa molto pesante e di grande diametro; ora vogliam darvene ra-

gione. Quando la macchina per una cagione qualsiasi accelera il suo movimento, parte della forza sviluppata dalla macchina va spesa nel mettere in movimento il grave volante, e perciò il movimento della macchina risulta più moderato; quando invece la macchina rallenta il moto, il volante continua a muoversi ancora per qualche tempo — per la legge d'inerzia — con la primiera velocità, e contribuisce così ad affrettare il movimento della macchina. Il volante, per un po' di tempo, impedisce dunque alla macchina di muoversi o troppo in fretta o troppo lenta.

Tuttavia il volante non è che rimedio di breve durata, non vale a correggere radicalmente gli effetti della troppa o troppo poca affluenza di vapore dalla caldaia nel cilindro, non vale cioè a rendere regolare ed uniforme il movimento della macchina. Giacchè una forza considerevole e la continuità d'effetto erano i grandi risultati che Watt avea ottenuti fin qui; ma non bastavano ancora a generalizzare l'uso della macchina come motore. Occorreva che il moto della macchina fosse non solo energico e continuo, ma anche perfettamente regolare ed uniforme in tutte le sue parti. L'effetto meccanico prodotto dalla macchina a vapore, come l'abbiam descritta fin qui, doveva essere di una irregolarità eccessiva. L'affluenza del vapore nel cilindro dipende dalla maggiore o minor quantità di vapore sviluppato nella caldaia, e questa quantità varia naturalmente a seconda della intensità del fuoco nel fornelli. Come ben si comprende, una forza che si ottiene a palate di carbone, di carbone di qualità or buona, or mediocre, sotto la sorveglianza d'un solo operaio, talvolta poco intelligente ed assai spesso disattento, una forza siffatta, andrebbe soggetta a notevoli o frequenti variazioni. Il grand'uomo s'accorse di questo grande difetto. Accorgersene, studiare il rimedio, trovarlo, eran per lui una cosa sola. Appena trovato un rimedio, scopriva un nuovo difetto; ed egli non si scoraggiava per questo, ma si rimetteva all'opera. Così, narrando la sua vita, si narra una serie di maravigliose invenzioni, che non solo ci diedero la macchina a vapore, ma ce la diedero perfetta.

Tornando al nostro discorso, ecco il semplice ed ammirabile congegno che Watt ideò per rimediare completamente all'inconveniente accennato poc'anzi, congegno col quale egli obbligò la macchina a sorvegliarsi da sola ed a produrre moto regolarissimo.

Imaginatevi che nell'interno del tubo destinato a condurre nel cilindro il vapore fornito dalla caldaia, si introduca una valvola mobile che possa chiudere completamente quel tubo o lasciarlo più o meno aperto in modo da sospendere o ristabilire a piacere la comunicazione fra la caldaia ed il cilindro. A seconda che la valvola sarà più o meno aperta, una quantità più o meno grande di vapore potrà penetrare nel cilindro. In questo modo sarà possibile regolare il movimento della macchina; giacchè aumentando o diminuendo la quantità di vapore che entra nel cilindro, evidentemente aumenta nel primo caso, e diminuisce nel secondo, il numero dei colpi dello stantuffo. Fin qui c'è nulla di sorprendente, ma abbiate pazienza che ci siamo: Watt riesci con uno dei più ingegnosi artifizi che si possano imaginare, a far sì che la valvola vien mossa dalla macchina stessa. Quando lo stantuffo si muove troppo rapidamente,

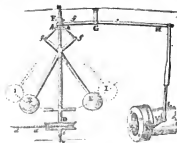



Fig. 61. Regolatore di Watt a forza centrifuga.

è la macchina che chiude parzialmente la valvola e quindi diminuisce la quantità di vapore che penetra nel cilindro: quando invece lo stantuffo va troppo lentamente, è ancora la macchina che apre la valvola, e, permettendo l'ingresso nel cilindro a maggior copia di vapore, rende più rapidi i movimenti dello stantuffo. Il singolare apparecchio che serve a raggiungere questo scopo importantissimo, è denominato *regolatore a forza centrifuga* o pendolo conico di Watt.

Esso si compone (fig. 61) d'un'asta verticale I K girevole sui due perni I e K, sulla quale è fissata invariabilmente una puleggia cD Una fune continua e *senza fine* (in meccanica si dà tal nome ad una fune quando serve a trasmettere il movimento fra due assi girevoli o fra due pulegge; a tale scopo si riuniscono i due capi della fune che muovendosi continuamente sembra invero senza fine) *dd* si accavalca da una parte sull'asse del volante e dall'altra sulla puleggia cD; perciò quando la macchina è in movimento, la fune *dd* si muove di moto continuo ed obbliga la puleggia cD a muoversi circolarmente; e questa, essendo fissata invariabilmente sull'asta IK, obbliga l'asta stessa a girare sui due perni I e K. L'asta IK sorregge due palle di metallo EE, fissate alle estremità di due leve

piegate a gomito nel loro punto di contatto con l'asta; le braccia superiori di queste leve son congiunte con articolazioni a cerniera *ff* ad altre due leve più corte, *fh*, *fh*, le quali, del pari mediante articolazioni *hh*, sono congiunte ad un anello F che può scorrere liberamente in su od in giù lungo l'asta verticale IK. Quest'anello poi è congiunto all'estremità F di una leva FH girevole intorno al punto fisso G; all'altra estremità H di questa leva è fissata una biella HL che trasmette il movimento alla manovella V, la quale finalmente apre o chiude la valvola Z, quella famosa valvola ch'è destinata a *regolare* l'ingresso del vapore nel cilindro.

Vediamo ora il modo con cui funzionano tutti questi congegni. Quando la macchina è in azione, la corda continua *dd* che, come abbiam detto, è accavalcata sull'asse del volante, viene da questo messa in movimento e quindi obbliga a girare la puleggia D e l'asta I K. Se la velocità della macchina è mediocre, anche l'asta gira con mediocre velocità, ed in tal caso le due palle E E conservano la posizione indicata nella figura. Aumentando la velocità, l'asta D F gira più rapidamente; ma allora la *forza centrifuga* (forza che si sviluppa quando un corpo muovesi circolarmente, tendendo a tanto più allontanarlo dal punto intorno a cui gira, quanto è più rapido il movimento) fa scostare maggiormente dall'asta le due palle E E le quali prendono la posizione indicata dalla punteggiata I I. L'allontanamento delle palle ha per immediata conseguenza: l'abbassamento delle leve minori *fh*, dell'anello F, e dell'estremità F della leva orizzontale F H ad esso congiunta, e quindi l'innalzamento dell'altra estremità H di questa leva; questa leva sollevandosi, trae dietro a sè la verga H L, che, per mezzo della manovella V, chiude parzialmente la valvola Z, e diminuisce perciò l'affluenza del vapore nel cilindro. Quando all'incontro la macchina si muove troppo lentamente, le due palle trovansi animate da minor velocità, e quindi diminuendo in esse la forza centrifuga, che bastava prima a tenerle sollevate, si abbassano pel loro peso che torna ad avere il predominio sull'affievolita forza centrifuga; le varie leve si muovono in modo del tutto opposto a quello testè indicato, la valvola Z si apre e maggior copia di vapore affluisce dalla caldaia nel cilindro, rendendo quindi più rapidi i movimenti dello stantuffo e conseguentemente di tutta la macchina.

Grazie a quest'ingegnosissima invenzione, la macchina si muove con incredibile regolarità. Per darvene un'idea vi diremo soltanto che a Manchester, nella filatura di cotone d'un valente meccanico, Lee, la macchina a vapore dello stabilimento faceva andare anche gli indici d'un orologio che muovevansi con la stessa regolarità degli indici d'un oriuolo ordinario.

L'ultima invenzione di Watt si riferisce all'impiego dell'*espansione* del vapore: invenzione delle più ammirabili, di cui l'onore spetta tutt'intero al celebre meccanico, benchè egli non ne abbia ricavato molto profitto.

Alcune spiegazioni sono necessarie a ben comprendere in che consista l'impiego della espansione del vapore, che nelle macchine moderne procurò rilevante economia di combustibile.

Se il robinetto destinato ad introdurre il vapore nel cilindro, rimane aperto per tutta la durata del movimento ascendente o discendente dello stantuffo, questi giungerà al termine della sua corsa con velocità ognor crescente, la quale avrà per risultato di imprimere a tutti i pezzi della macchina un urto ed uno scuotimento dannosissimi. Ma se il robinetto d'ammissione, in luogo di rimanere aperto durante tutta un'oscillazione di stantuffo, vien chiuso quando lo stantuffo è giunto ad un terzo od alla metà della sua corsa, la quantità di vapore introdotta a questa guisa sarà tuttavia sufficiente a spingere, quanto occorre, lo stantuffo: il vapore entrato nel cilindro, dilatandosi nel vuoto, continuerà a premere lo stantuffo che, in ragione della velocità acquistata, giungerà facilmente all'estremità della sua corsa. Così la macchina va con sensibilissimo risparmio di vapore e quindi di combustibile. È ben naturale che, d'altra parte, la forza della macchina sarà minore di quella che si ottiene lasciando libero il varco al vapore; questa riforma riesce tuttavia vantaggiosa, perchè la riduzione nella spesa di combustibile è ben maggiore della riduzione che ne consegue nel lavoro che si ottiene dalla macchina.

L'espansione del vapore, introdotta presentemente quasi in tutte le macchine a vapore, permette sensibili economie di combustibile, e persone competenti dichiarano che il pregio dell'espansione, rispetto all'economia, può paragonarsi a quello del condensatore. Però Watt fece uso dell'espansione soltanto intorno al 1782. Gli scopi principali ch'ei prefiggevasi, consistevano nel moderare gli urti prodotti dallo stantuffo e nel rendere uniforme il movimento accelerato che esso deve inevitabilmente acquistare quando il vapore agisce, sullo stantuffo, senza interruzione. Soltanto ai nostri giorni, come diremo fra breve, l'espansione del vapore fu utilizzata in guisa da ricavarne sensibilissimo vantaggio economico.

Grazie a questa bella serie di invenzioni, nessuna delle quali fu prodotta dal caso, ma che risultavano tutte da perseveranti ricerche, Watt risolse adunque il gran problema d'un motore universale, tanto studiato da un secolo. Un semplice operaio meccanico, senza fortuna e senza studii, impadronendosi di una macchina imperfetta e che da cinquant'anni funzionava senza progressi notevoli, la trasformò in un agente motore di una forza quasi smisurata e di una applicazione illimitata. Il principio su cui si fonda la macchina così trasformata permette di otte-

nerne una potenza senza limiti; gli artificii impiegati a moderarne e regolarne i movimenti, permettono di impiegarla nei modi più svariati, di applicarla tanto ai lavori più dilicati quanto ai lavori più colossali.

Epperò pochi anni bastarono a diffondere questa macchina tanto preziosa in tutta l'Inghilterra, e più tardi in tutto il mondo civile. La si impiegò nelle varie manifatture di seta, di lino e di cotone; nella tipografia; nei mulini, nei lavori delle miniere e delle officine, nella locomozione per terra e per acqua, nell'idraulica, nell'agricoltura, nella fabbricazione della carta, della porcellana, ecc.; insomma poche sono oggidì le industrie che non ricorrono a sì potente ausiliario.

Una cifra basterà a far comprendere la prodigiosa economia che si potè effettuare nelle operazioni industriali impiegando la macchina a vapore.

Uno staio di carbone che abbrucia in una di queste macchine in Cornovaglia produce il lavoro di venti uomini che lavorassero dieci ore al giorno; e siccome colà uno staio di carbone non costa che circa 90 centesimi, così la macchina di Watt ha permesso di ridurre a meno di 5 centesimi l'equivalente del lavoro di una giornata d'operaio.

Presentemente la potenza complessiva delle macchine a vapore adoperate a varii usi in Inghilterra, è di 82 milioni di uomini. Per mezzo del vapore adunque l'Inghilterra, con 20 milioni di abitanti, ha una produzione corrispondente al lavoro di una popolazione venti volte maggiore.

XVII.

Influenza delle macchine a vapore sul benessere delle classi operaie. — Paragone con l'influenza esercitata dall'invenzione della stampa. — Assurde declamazioni e dannosi pregiudizii. — La fabbricazione delle calze a macchina. — Insaziabile desiderio di ben essere riposto dalla natura nel cuore dell'uomo.

A primo aspetto sembrerebbe che i vantaggi recati dalla macchina a vapore dovessero tornare di grave danno alle classi operaie e ridurle all'inazione. Avviene invece l'opposto. Ed invero, le macchine producono un notevole risparmio nella mano d'opera e così permettono di fabbricare più a buon mercato; il buon mercato, facilitando il consumo, aumenta le domande, e con esse il numero degli operai impiegati nelle varie industrie. Ma vi ha di più, le macchine, sopprimendo i lavori faticosi, permettono di dar lavoro anco alle donne ed ai fanciulli.

« Avvenne lo stesso, osserva Arago, quando quattro secoli or sono fu inventata l'arte tipografica. Prima d'allora i copisti provvedevano di libri quei pochi ricchi che potevano permettersi simil lusso. E siccome la stampa permetteva ad un uomo solo di fare, in minor tempo, il lavoro di duecento operai, così non si tardò a qualificarla per un'invenzione infernale che avrebbe ridotti all'inazione quasi tutti gli amanuensi.

« Le cose procedettero in modo ben diverso; i libri manoscritti, per colpa dell'elevatissimo prezzo, erano assai scarsamenti richiesti dal pubblico; i libri stampati all'incontro, grazie alla mitezza con cui poterono essere venduti, fur no tosto richiesti avidamente. Si riprodussero continuamente le opere classiche dell'antichità; nuove idee, nuove opinioni, fecero sorgere immenso numero di libri, gli uni d'interesse perpetuo, gli altri ispirati da circostanze passeggere. Prima dell'invenzione della stampa il commercio librario di Londra dava lavoro a duecento persone soltanto, presentemente vi trovano impiego decine e decine di migliaia.

« La stampa creò nuove industrie, ampliò le antiche, e diede pane a milioni d'operai.

« E che diremmo se, lasciato da canto il punto di vista ristretto, e per così dire materiale, esaminato fin qui, volessimo considerare l'arte tipografica dal punto di vista morale ed intellettuale; l'influenza da essa esercitata sui costumi pubblici, sulla diffusione dei lumi, sul progresso della ragione umana!

« Se quest'esempio non vi basta, ne citeremo un altro ancor più luminoso e che entra nel nostro argomento. Quando l'ingegnoso Arkwright, utilizzando la macchina di Watt nella filatura del cotone, sostituì vantaggiosamente i cilindri girovoli alle dita delle filatrici, il prodotto annuale delle manifatture di cotone in Inghilterra non giungeva ai cinquanta milioni di franchi: presentemente questo prodotto supera il miliardo. La sola contea di Lancaster fornisce annualmente una quantità tale di filo che non si potrebbe ottenerla neppure da ventun milioni d'abili filatrici, che non si servissero che del fuso e della conocchia; e sebbene l'industria della filatura meccanica sia giunta in Inghilterra al più alto grado di perfezionamento, pure essa impiega ora più d'un milione e mezzo d'operai, mentre prima di Arkwright e di Watt non ne impiegava che cinquanta mila.

« Le assurde declamazioni, i nocivi pregiudizii intorno alle macchine non sono moderni. Circa tre secoli or sono un abile meccanico, William Lee, aveva inventato il modo

di fabbricare speditamente le calze al telaio; invocando l'appoggio del re Giacomo I, quel povero inventore ottenne di far funzionare il suo apparecchio sotto agli occhi del monarca. Tanto il re quanto i cortigiani dovettero convenire che quell'invenzione era ingegnosissima, e si credettero tuttavia in obbligo di respingerla. Perchè? Pell'erronea credenza che i fabbricatori di calze a mano sarebbero stati completamente rovinati dall'introduzione di quella macchina. William Lee, privo d'appoggi, finì miseramente i suoi giorni in un ospizio, come tanti altri uomini di genio che ebbero la sventura di camminar troppo avanti per l'epoca in cui vivevano.

« Vi inganneresle però imaginandovi che la corporazione dello fabbricatrici di calze, alla quale fu sagrificato William Lee, fosse a quei tempi molto numerosa. Nel 1583 erano ben pochi coloro che portavano calze; solamente le persone alto locate ed assai facoltose potevano permettersi tanto lusso. La classe media sostituiva quella parte del vestiario con strette strisce di stoffe diverse. Il rimanente della popolazione (il novecentonovantanove per mille) andava scalza. Ora invece le cose sono talmente mutate che, in tutti i paesi civili, la fabbricazione delle calze a macchina impiega migliaia e migliaia d'operai.

« La chiava dell'enigma sta nell'insaziabile desiderio di benessere che la natura ha collocato nel cuore dell'uomo, un bisogno soddisfatto chiama tosto un nuovo bisogno; tutti i nostri desiderii aumentano col buon mercato degli oggetti che possono servire ad alimentarli, in guisa da sfidare la potenza creatrice delle macchine più potenti ».

XVIII.

ULTIMI ANNI DI WATT.

Ultimi anni di Watt: sua residenza a Heathfield. — *La Società lunare.* — Spirito aneddotico di Watt. — L'invenzione del *copia-lettere.* — Watt giudicato da Walter Scott. — Watt apprende l'anglo-sassone per sottoporre ad esame le sue *facoltà mentali.* — Morte di Watt. — Monumento eretto alla sua memoria nell'abbazia di Westminster. — Una epigrafe di lord Brougham.

Queste macchine ammirabili, che dovevano esercitare influenza tanto straordinaria sulla prosperità della nazione britannica e del mondo intero, Watt le faceva eseguire sotto a' propri occhi nell'immenso stabilimento di Soho. Di là partivano quei potenti apparecchi che andavano poscia a funzionare nelle varie parti dei tre reami. La manifattura di Soho era per gl'inglesi una specie di scuola pratica; era uno stabilimento d'istruzione per gl'ingegneri ed i meccanici della Gran Brettagna. Vi arrivavano, ed in buon numero, anche gli stranieri per studiarvi il meccanismo delle nuove macchine e trapiantarne poi l'impiego nella loro patria.

Watt continuò a dimorare a Birmingham od a Soho fino alla scadenza della sua società con Matteo Bulton; la società fra essi convenuta doveva durare fino all'espiro del primo brevetto di Watt che, concesso nel 1775 pel periodo di venticinque anni, spirava nel 1800. In quell'anno Watt e Bulton si separarono; ciascuno dei due fu sostituito dal proprio figlio, ed i nuovi soci continuano ancor oggi a dirigere lo splendido stabilimento dovuto alla perseveranza ed al genio dei suoi fondatori.

Giacomo Watt, ritiratosi dagli affari, fissò la sua dimora in una tenuta poco discosta da Soho, detta Heathfield, da lui acquistata nel 1790. E trattandosi di un sì grand'uomo, ci sia lecito soffermarci un momento a discorrere dei suoi ultimi anni. Egli li trascorse nel lieto ritiro di Soho, ponendo in pratica le massime della sua dolce filosofia, godendo del riposo e della fortuna acquistata durante la sua gloriosa carriera, provando l'ineffabile felicità d'essere testimonio del prodigioso sviluppo che andava acquistando, mercè i suoi lavori, la prosperità della sua patria.

Gli onesti piaceri e le relazioni di società l'occuparono esclusivamente fino al termine della sua vita. Fin da quando dimorava a Birmingham ed ora a Soho, egli erasi abituato a riunire intorno a sè un piccol cerchio d'amici, nel quale spiccavano: l'illustre chimico Priestley, il poeta Darwin, il botanico Withering, il chimico Keir, Edgeworth, padre della celebre miss Maria, ed alcuni artisti e letterati di grido. Questa piccola accademia portava il nome di *Società lunare* (*Lunar Society*), il qual titolo significava semplicemente che gli accademici si riunivano soltanto le sere in cui, splendendo la luna, potevano restituirsi alle loro dimore guidati dal chiarore lunare. Watt riunì a Heathfield gli sparsi avanzi

della sua piccola accademia, ed in mezzo a quest' eletto circolo compiacevasi di dar libero corso alle sue chiacchere ed al suoi racconti. Niuno possedeva tanta abilità di parola. Nella sua gioventù aveva divorate moltissime opere d'imaginazione e di poesia giocosa, e la sua felice memoria vi attingeva l'argomento per continui racconti. Quando la memoria non era pronta egli vi suppliva con l'imaginazione; per serate intere egli imbandiva all' uditorio racconti di sua invenzione, con sembiante talmente convinto e sicuro che bisognava proprio crederci come a fatti incontrastabili.

Quanti aneddoti dovuti alla fervida imaginazione di Watt furono raccontati nelle *Riviste* e nei *Magazzini* inglesi per cura dei mistificati uditori, che commettevano in gentile indiscrezione di esporli al pubblico in piena buona fede! Una volta, avendo lanciato i personaggi del suo racconto in una situazione complicatissima, Watt si trovò alquanto imbarazzato a trarli fuori da quel dedalo. Darwin l'interruppe:

« Il signor Watt ci racconta forse qualche storiella di sua invenzione? »

Watt si ferma, guarda il suo interlocutore con la massima serietà, e poi:

« La vostra domanda, caro signor Darwin, mi stupisce al massimo grado; da vent'anni che ho il piacere di passare le mie serate in vostra compagnia, ho mai agito diversamente? È possibile che abbiate voluto fare di me un emulo di Robertson o di Hume, mentre tutte le mie pretese si limitano a calcare le orme della principessa Scheherazade delle *Mille e una notti?* (1) ».

Queste dolci riunioni nelle quali lo spirito amabile e le grazie leggiadre del vecchio sapevano spandere tante attrattive, erano inoltre animate dalla presenza della distinta donna a cui egli aveva dato il nome; giacchè Watt, dopo alcuni anni di vedovanza, erasi deciso a sposare la figlia d'un fabbricatore, abitante nella stessa contea. Le idee illuminate, i giudizii retti e le serie cognizioni di miss Mac-Gregor avevano specialmente contribuito a fissare la sua scelta. Le prime relazioni sorsero intorno al tavolino del the, in una delle serate di Watt. Erasi parlato di Shakespeare e di Racine, Watt aveva difeso l'autore del *Macbet* e combattuto il poeta d'*Atalia*, lodato dalla signora Mac-Gregor. Questa discussione produsse uno scambio di lettere, che finì col matrimonio.

La letteratura e gli avvenimenti della giornata non erano l'unico tema dei discorsi in casa Watt. Anche la scienza ci aveva la sua parte, e la meccanica, a Watt tanto cara, non era certo dimenticata. Il fertile genio di Watt vi trovava talvolta occasione d'esercitarsi con vantaggio. Un giorno Darwin gli dice:

« Ho ideata una penna con due becchi, mercè la quale si scriverà tutto due volte, e frutterà così a un tempo solo l'originale e la copia di una lettera.

« Io mi lusingo di trovare una soluzione migliore, rispose Watt. Ci penserò questa notte e domani vi comunicherò il risultato delle mie riflessioni ».

All'indomani era inventato il copia-lettere.

Fu allo stesso modo ch'egli ideò la curiosa macchina che permette d'ottenere, con mezzi semplicissimi, la riproduzione d'una statua, d'un basso rilievo o di un busto. Quest' interessante invenzione fu effettuata da Watt nei suoi ultimi anni; ei ne distribuiva i prodotti ai suoi amici pregandoli di accettare « questo lavoro d'un giovane artista che entrava appena nell'ottantesimoterzo anno di vita ».

Così il fuoco del suo genio fortunato, che aveva incominciato a brillare nella sua prima gioventù, splendeva ancora negli ultimi anni. Conviene, per non stupirsene, conoscere il carattere e le speciali qualità dello spirito di Giacomo Watt. Il celebre ingegnere aveva ricevuto in sorte il raro

(1) Questo singolar talento di novelliere erasi manifestato in Watt fin dai primi anni della sua infanzia. Arago nella già citata *notizia biografica* ne riferisce una curiosa prova.

« Lo spirito aneddotico che il nostro confratello (Arago parlava all' Istituto di Francia, cui Watt apparteneva in qualità di socio straniero) sparse con tanta grazia per ben mezzo secolo sopra quanti lo circondavano, si sviluppò in lui assai di buon'ora. Se ne avrà una prova nelle poche linee seguenti che estraggo, traducendole, da una nota scritta nel 1808 dalla signora Marion Campbell, cugina e compagna d'infanzia del celebre ingegnere:

« Durante un viaggio a Glascow, la signora Watt con- « fidò suo figlio Giacomo ad una amica. Poche settimane « dopo, essa venne a vederlo senza aspettarsi certamente « la strana accoglienza che le era preparata. — Signora, « le disse l'amica appena potè parlarle, dovete pigliervi « il vostro Giacomo e portarlo via da Glascow, io non « posso sopportare più a lungo lo stato d'eccitazione in « cui egli mi mette; sono estenuata per mancanza di « sonno. Tutte le notti, quando sta per suonare l'ora in « cui la famiglia è abituata a coricarsi, vostro figlio rie- « sce abilmente a sollevare qualche discussione nella « quale trova modo di introdurre un racconto che molte « volte ne fa scaturire degli altri. Questi racconti pate- « tici o burleschi interessano talmente tutta la mia fami- « glia, ed essa lo ascolta con tanta attenzione, che udrebbesi « volare una mosca. Le ore passano così senza ac- « corgersene, ma all'indomani io non ne posso più per « la stanchezza. Signora, ve ne prego, portate via vostro « figlio, riconducetelo presso di voi ».

e prezioso dono dell'imaginazione. È un'idea falsa e tutt'altro che giustificata, l'ammettere che l'imaginazione possa essere rinchiusa nel solo dominio delle lettere e delle arti belle. Questa dote fortunata — dice il Figuier — presiede più di quanto si crede alle creazioni scientifiche. Per slanciarsi nelle alte regioni della scienza alla ricerca dell'incognito; per dirigersi, calcando nuove vie, verso quegli orizzonti velati che il futuro ci nasconde; conviene spesso seguire con gli occhi la stella ispiratrice che brilla nel firmamento dei poeti. Scostandosi dalle regole stabilite, slanciandosi con sguardo sovrano fuori della cerchia ristretta delle opinioni volgari, un uomo superiore può innalzarsi ai grandi concetti che valgono ad immortalare il suo genio. Watt ne fornisce splendido esempio. Egli aveva ricevuto in dono da natura la facoltà dell'imaginazione, ed ebbe la fortuna di preservare questo dono brillante dal pericoloso contatto dell'educazione scolastica. La sua umile origine, le modeste occupazioni della sua giovinezza, allontanarono dal suo spirito le regole assolute e le forme recise dell'insegnamento classico. Se egli avesse seguite le lezioni banali che allora si davano all'università di Oxford, sarebbe diventato senza dubbio un professore erudito; in balìa di sè stesso, divenne il primo meccanico dell'epoca.

Gli fu chiesto un giorno se la scoperta del parallelogramma articolato gli aveva costato molti calcoli e molti pensieri: « No, rispose, e a dir vero rimasi sorpreso io stesso della perfezione con cui funziona. Vedendolo agire per la prima volta, provai un piacere sì grande come se l'invenzione che esaminavo fosse fatta da altri ».

Ei raccontò la serie delle sue invenzioni relative al perfezionamento della macchina di Newcomen con queste parole: « Concepita l'idea di ottenere la condensazione fuori del cilindro, tutti gli altri miglioramenti si conseguirono con incredibile rapidità; per modo che in uno o due giorni il mio piano era già perfettamente combinato nella mia mente, e per esperimentarlo io posi tosto in esecuzione ».

Egli era solito a considerare tutte le sue invenzioni quali risultati di pensieri semplicissimi che avrebbero potuto sorgere in mente a qualunque altro; soggiungeva soltanto ch'era già una buona ventura per lui essere stato il primo a sottoporre all'esperienza quei pensieri. E questa dichiarazione era sincera; non c'entrava affettazione.

Grazie a questa felice organizzazione intellettuale, Watt poteva occuparsi con buon esito anco di cose che gli erano del tutto nuove. Ciò potrebbe oggi sembrarci dubbio, se alcuni dei suoi contemporanei non avessero avuto la cura di lasciarcene testimonianze incontestabili. Il suo allievo Playfair dice:

« Lo spirito di Giacomo Watt poteva essere paragonato ad un'Enciclopedia, che, aperta a caso in qualsiasi pagina, offre alla vostra curiosità o un fatto nuovo o lo sviluppo d'una verità o una scoperta ».

Walter Scott, nella prefazione al suo bel romanzo *Il Monastero*, dice:

Watt non era soltanto uno scienziato dei più profondi, che col massimo buon esito seppe ricavare da certe combinazioni di numeri e di forze nuove applicazioni, non solo occupava un posto dei più distinti fra quanti si fanno notare per l'universalità della propria istruzione; egli era inoltre il migliore, il più amabile degli uomini. La sola volta ch'io m'incontrai in lui, il vidi circondato da una piccola riunione di letterati del Nord. Là vidi ed udii cose che non vedrò nè udrò mai più. Nell'ottantunesimo anno di sua età, il vecchio vivace, amabile, pieno di benevolenza, prendeva vivo interesse a tutti i discorsi: la sua scienza stava a disposizione di chi la richiedeva. Egli spandeva sovr'ogni oggetto i tesori de' suoi talenti e della sua imaginazione. Fra i *gentlemen* che lo circondavano eravi un profondo filologo; Watt discusse con lui intorno all'origine dell'alfabeto come se fosse stato contemporaneo di Cadmo. Un valente critico si introdusse nel discorso ed allora avreste detto che il vecchio aveva consacrata tutta la sua vita a studiar belle lettere ed economia politica. Sarebbe superfluo menzionare le scienze: queste formavano la sua *carriera* brillante e speciale. Tuttavia quando parlò col nostro compatriotta Jedadiah Cleishbotham, avreste giurato essere Watt un contemporaneo di Claverhouse e di Burley, dei persecutori e dei perseguitati; egli aveva fatta l'esatta enumerazione dei colpi di fucile che i dragoni tirarono sui fuggiaschi presbiteriani. Scoprimmo infine che niun romanzo, per quanto oscuro, non gli era sfuggito, e che la passione dell'illustre ingegnere per codesto genere di lavori era viva quanto nelle modistine di diciott'anni ».

Citeremo ancora la testimonianza di Arago, il quale, nella citata notizia biografica, così parla delle facoltà intellettuali di Watt:

« La salute di Watt erasi rinvigorita con l'età; le sue facoltà mentali conservarono tutta la loro forza fino all'ultimo istante. Il nostro confratello credette una volta che stessero per declinare, e fedele al pensiero espresso nel suggello che aveva scelto (un occhio circondato dalla parola *osservare*) si decise a chiarire i suoi dubbi sottoponendo sè stesso ad esame, ed eccolo, più che settuagenario, rintracciare con qual genere di studio avrebbe potuto sperimentarsi, e quasi desolarsi non trovando alcun tema su cui il suo spirito non si fosse già esercitato. Ma poi si rammenta che esiste una lingua anglo-sassone, che questa lingua è difficile, e l'anglo-sassone diviene tosto il bramato

mezzo d'esperienza, e la facilità con cui riesce ad impossessarsene gli mostra la vanità dei timori concepiti ».

Così l'illustre meccanico, conservando fino agli ultimi giorni il pieno uso delle sue facoltà, invecchiava circondato dagli affetti familiari, godendo d'un riposo nobilmente acquistatosi mercè una lunga e laboriosa carriera, ricevendo con legittimo orgoglio gli omaggi che i suoi concittadini rendevano alle sue virtù ed al suo genio. Nella state del 1819 alcuni sintomi allarmanti annunciarono l'approssimarsi della sua fine; non si illuse egli sulla natura del male, e da allora in poi non pensò ad altro che a consolare i suoi amici. Ringraziava la sorte di tutti i beneficii goduti nella sua lunga vita. Esprimeva la sua profonda gratitudine pei servigi che gli era stato concesso di rendere alla sua cara patria, per la serenità e la calma che avevano abbelliti gli ultimi suoi anni. Il nobile vecchio morì il 25 agosto 1819.

Fig. 62. Monumento innalzato a Westminster alla memoria di Watt.

Fu sepolto nella chiesa parrocchiale di Heathfield. Suo figlio Giacomo fece innalzare sulla tomba del padre un monumento gotico, nel centro del quale scorgesi una statua in marmo dovuta allo scalpello di Chantrey. Una seconda statua dello stesso artista fu collocata, per cura del figlio, in una delle sale della celebre università che protesse l'illustre meccanico nei giorni difficili della sua giovinezza.

Ma il popolo inglese sa degnamente onorare i morti illustri, e non lasciò che la pietà figliale fosse sola ad onorare la memoria del grande cittadino. Una statua in bronzo posta sopra piedestallo di granito fu innalzata in onore di Watt sopra una piazza di Glascow; e gli abitanti di Greenock, sua città natale, collocarono a loro spese una statua marmorea nella biblioteca comunale.

L'alta riconoscenza della nazione non si limitò a questo: l'abbazia di Westminster possiede oggi un monumento degno del genio di Watt.

L'inaugurazione di questo monumento ebbe luogo a Westminster in solenne adunanza, in mezzo ad una imponente riunione ove figuravano molti pari d'Inghilterra ed i membri più cospicui della Camera dei Comuni sotto la presidenza del primo ministro d'allora, lord Liverpool. Questo monumento consiste in una mirabile statua in marmo, che è una delle più belle scolture di Chantrey. Essa riproduce con tutta fedeltà la fisonomia calma e meditativa del grande inventore; gli ornamenti e gli emblemi che la decorano producono un effetto dei più maestosi. Il piedestallo porta un' eloquente epigrafe, dettata da lord Brougham (1). Con questo magnifico omaggio l'Inghilterra volle degnamente consacrare la gloria d'uno fra i più grandi uomini ch'essa abbia mai prodotti.

Ma a che servono, per genii simili, queste sontuose testimonianze dell'ammirazione universale? Non son necessari nè il rame nè il bronzo a consacrarne la memoria. I servigi che Watt rese alla sua patria, all'Europa, all'umanità tutta quanta, bastano ad immortalarne il nome. La macchina da lui creata fu il punto di partenza verso il benessere generale di cui gode la società moderna.

(1) NON FU ALLO SCOPO DI PERPETUARE UN NOME
CHE DOVRA' DURARE QUANTO LE ARTI DELLA PACE
MA PER MOSTRARE
CHE GLI UOMINI SANNO ORMAI ONORARE COLORO
CHE SONO MAGGIORMENTE DEGNI DELLA LORO GRATITUDINE
IL RE
I MINISTRI MOLTI NOBILI
ED ALTRI CITTADINI DEL REAME
HANNO INNALZATO QUESTO MONUMENTO A
GIACOMO WATT
CHE APPLICANDO LA FORZA D'UN GENIO ORIGINALE
ESERCITATO PER TEMPO NELLE RICERCHE SCIENTIFICHE
AL PERFEZIONAMENTO
DELLA MACCHINA A VAPORE
AUMENTÒ LE RISORSE DEL SUO PAESE
ACCREBBE LA POTENZA DELL'UOMO
GIUNSE A POSIZIONE EMINENTE
FRA I PIU' ILLUSTRI SCIENZIATI
ED I VERI BENEFATTORI DELL'UMANITA'.
NATO A GREENOCK MDCCXXXVI
MORTO A HEATHFIELD NEL STAFFORDSHIRE MDCCCXIX.

Moltiplicando in proporzione straordinaria la somma del lavoro pubblico, la macchina di Watt coperse il suolo dei paesi civili di milioni di lavoratori, altrettanto docili quanto instancabili, che dormono ai nostri piedi sotto forma di un masso di carbone e che ad un nostro cenno si destano per offrirci le loro braccia di ferro, i loro muscoli di acciaio. Egli è con l'aiuto di queste pacifiche legioni, che miglioramenti incalcolabili furono già introdotti nel giro di pochi anni nella sorte e nelle condizioni di esistenza di tutte le classi sociali.

I prodotti del lusso utile messi a disposizione di tutti, l'esistenza resa più dolce, più facile, la vita intellettuale ampliata in tutte le menti; son questi gli immortali risultati dei lavori di Giacomo Watt. I beneficii versati dal suo genio sopra tutta l'umanità, costituiscono il vero, l'imperituro monumento che renderà immortale la sua memoria e che farà vivere per sempre il suo nome nel cuore delle generazioni presenti e della posterità.

XIX (1).

I PERFEZIONAMENTI DELLE MACCHINE A VAPORE.

L'espansione del vapore utilizzata nella *macchina di Wolf a due cilindri.* — Macchine ad *alta* ed a *bassa pressione, a condensazione e senza condensazione.* — Il vapore ad alta pressione. — L'ebullizione dell'acqua in vetta al monte Bianco. — Macchina di Leupold.

Per lunga serie d'anni si fece esclusivamente uso della macchina di Watt, detta *macchina a bassa pressione ed a condensazione*, di cui vi abbiam narrata la storia nei precedenti capitoli. Questa macchina fu adoperata per lungo tempo, tanto in Inghilterra quanto sul continente, senza farle subire modificazione alcuna, neppure nei casi in cui essa perde gran parte de' suoi pregi, vale a dire nella produzione di piccole forze. Tuttavia, la necessità di appropriare l'azione del vapore a differenti specie di lavori, ed il desiderio di ridurre la sensibile spesa del combustibile richiesto dalle macchine di Watt, indussero i meccanici a modificarla quasi in ogni sua parte. Ed ora ci proponiamo di esporvi queste nuove disposizioni, e con ciò termineremo l'istoria delle macchine a vapore fisse.

Nel 1804, essendo spirati i brevetti di Watt, la macchina a vapore subì un' importantissima modificazione: si costruirono *macchine a doppio cilindro* che dal nome del costruttore furono dette *Macchine di Wolf*. Il loro scopo era di trarre il massimo partito dalla espansione del vapore.

Abbiam veduto che Watt aveva tratto lieve vantaggio dall'espansione del vapore nel vuoto; egli aveva registrato questo fatto nei suoi brevetti, piuttosto come una veduta teorica che per farne oggetto di seria applicazione. Lasciando espandersi il vapore, Watt aveva principalmente in mira d'evitare gli urti dello stantuffo contro il fondo del cilindro.

La macchina di Wolf ha per iscopo, abbiam detto, di utilizzare quanto più è possibile l'*espansione del vapore*; ma che dobbiamo intendere per *espansione del vapore*, e come si può utilizzarla?

Se la comunicazione fra la caldaia, in cui si genera il vapore, ed il cilindro, in cui scorre lo stantuffo, rimane aperta per tutto il tempo impiegato dallo stantuffo a compiere una corsa ascendente o discendente, il vapore passa continuamente dalla caldaia nel cilindro, e lo stantuffo, trovandosi sottoposto all'azione d'una forza costante, accelera continuamente il suo moto, e quando giunge al termine della sua corsa, è animato da grandissima velocità. Animato da questa grande velocità, lo stantuffo urta con violenza sul fondo del cilindro compromettendone la solidità; ed una parte non differente della forza del vapore vien così consumata a produrre quest'urto pernicioso.

Watt rimediò a questo duplice inconveniente, imaginando, come abbiam già detto, di sospendere la comunicazione fra la caldaia ed il cilindro in un dato istante della corsa dello stantuffo. Se in-

(1) Questo capitolo ed i tre seguenti sono in gran parte ricavati da: FIGUIER, *Merveilles de la Science*. - PARVILLE, *Decouvertes et inventions modernes*. - SCHOLL, *Der Führer des Machinisten*.

terrompete l'ingresso del vapore nel cilindro, chiudendo l'apposito robinetto, quando lo stantuffo è giunto per esempio ad un terzo o ad un quarto della sua corsa, lo stantuffo non si arresta ma continua a muoversi, tanto in virtù della velocità già acquistata, quanto ancora per la forza elastica — o tendenza ad espandersi — che ancor possiede il vapore sebbene imprigionato nel cilindro senza comunicazione alcuna con la caldaia. Il vapore, giungendo nel vuoto, prodotto in una delle due capacità del cilindro dal movimento progressivo dello stantuffo, si dilata, si *espande*, come farebbe una molla abbandonata dopo averla compressa, e, con la forza elastica che gli è propria, esercita un impulso meccanico. Lo sforzo prodotto dal vapore che si espande — nel vuoto prodottosi in quella capacità del cilindro — basta a spingere lo stantuffo fino all'estremità del cilindro — con velocità ben minore, è vero, di quella che lo animerebbe se il vapore continuasse a giungere dalla caldaia, ma pur sufficiente a fargli compiere la sua corsa. — Ne risulta, che diminuendo progressivamente la velocità dello stantuffo, e divenendo questa quasi nulla nell'istante in cui lo stantuffo tocca il fondo del cilindro, gli urti che prima compromettevano l'esistenza della macchina sono ora eliminati. Ne risulta inoltre un grande vantaggio: la diminuzione di consumo del combustibile, poichè evidentemente si consuma meno vapore di quello che si spenderebbe se il vapore continuasse ad affluire dalla caldaia nel cilindro per tutta la durata della corsa dello stantuffo.

Codesta disposizione, adottata da Watt nel 1769 per raddolcire i movimenti della macchina a vapore e rimediare agli urti troppo violenti, fu generalizzata assai presto, dopo di lui, allo scopo di conseguire risparmio di combustibile. Dapprima si provocava l'espansione chiudendo l'ingresso del vapore nel cilindro, ad un dato istante della corsa dello stantuffo, mercè il giuoco del *cassetto*, ossia d'una lastra di metallo che nell'istante opportuno chiude l'orificio pel quale il vapore entra nel cilindro. Ma il costruttore inglese Arturo Wolf, per mettere più largamente in pratica l'uso dell'espansione, cangiò completamente la disposizione dei cilindri. A fianco del cilindro ordinario ne dispose un secondo, alquanto più grande. Il vapore giunge a tutta pressione nel cilindro piccolo con una tensione di 4 o 5 atmosfere, e spinge dinanzi a sè lo stantuffo. Ma la parte inferiore del cilindro piccolo, ripiena del vapore giuntovi precedentemente, comunica, mediante un tubo, con la parte superiore del cilindro grande; così il vapore passa in questo cilindro, vi si espande e spinge lo stantuffo maggiore nella stessa direzione in cui si muove lo stantuffo minore; e così il bilancere, od altro organo analogo della macchina a vapore vien messo in movimento da entrambi gli stantuffi che agiscono concordemente.

La fig. 63 qui unita farà comprendere il moto del vapore in questa macchina ingegnosa. I robinetti vi son disegnati per rendere più facile la spiegazione, ma invece loro sonvi in fatto i *cassetti* o valvole che funzionano analogamente distribuendo il vapore della caldaia ora in una, ora in un'altra delle due capacità del cilindro.

I due stantuffi A e B, che si muovono nei due cilindri accoppiati C e D, sono sormontati entrambi da un gambo che trasmette al bilancere il concorde movimento dei due stantuffi. I canali per cui passa il vapore rimangono aperti

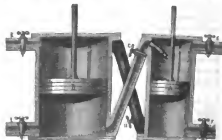



Fig. 63. Cilindri gemelli nella macchina di Wolf.

o chiusi manovrando i rispettivi robinetti; — i canali E ed F servono ad introdurre il vapore, l'uno nella capacità superiore, l'altro nella capacità inferiore del cilindro piccolo; — i canali G ed H lasciano passare (l'uno nella parte inferiore, l'altro nella parte superiore del cilindro grande) il vapore che ha già servito a far discendere od a far salire lo stantuffo A; — per ultimo i canali K ed L lasciano andare nel condensatore il vapore che, dopo essersi espanso nel cilindro grande, ha fatto abbassare od innalzare lo stantuffo B. Per renderci conto del movimento di questa macchina, supponiamo ora aperti i tre robinetti E, H ed L e chiusi gli altri tre. Il vapore generato nella caldaia entra per E nel cilindro piccolo, agisce con tutta la sua pressione sulla faccia superiore dello stantuffo A e lo spinge fino al punto più basso della sua corsa. Durante questo periodo, il vapore che era stato precedentemente introdotto sotto allo stantuffo A, trova aperta la valvola H, si espande nella capacità superiore del cilindro D, e, pur continuando a premere dal sotto in su lo stantuffo A, preme dall'alto al basso lo stantuffo B. Se le superfici di questi due stantuffi fossero eguali, non si ricaverebbe, con tale disposizione, alcun vantaggio poichè la pressione sopportata dall'alto al basso dallo stantuffo B farebbe precisamente equilibrio a quella sopportata dal basso all'alto — e quindi in direzione opposta alla precedente — dallo stantuffo A, e quest'ultimo stantuffo non discenderebbe che per la diffe-

renza fra la pressione ch'ei subisce sulla faccia superiore e la pressione ch'ei subisce sulla faccia inferiore. Ma i due stantuffi non sono eguali: lo stantuffo B è più ampio dello stantuffo A: perciò la pressione che lo stantuffo B subisce dall'alto al basso è ben maggiore di quella che in opposta direzione subisce lo stantuffo A per effetto del vapore rimasto nella capacità inferiore del cilindro C; per conseguenza, la differenza fra queste due pressioni è utilmente impiegata a far abbassare lo stantuffo B, nel tempo stesso che il vapore irrompente dalla caldaia spinge dall'alto al basso lo stantuffo A. Giunti al basso entrambi gli stantuffi, chiudiamo i robinetti E, H ed L ed apriamo gli altri tre. Allora il vapore sviluppato nella caldaia penetra per F nella capacità inferiore del cilindro C e spinge dal basso all'alto lo stantuffo A; il vapore precedentemente introdotto nella capacità superiore del cilindro C, venendo di mano in mano compresso in causa della salita dello stantuffo A, e trovando aperto il robinetto G, passa ad occupare la capacità inferiore del cilindro D, vi si espande, preme dal sotto in su lo stantuffo B e lo obbliga a salire; mentre il vapore che trovasi al disopra di B passa per K nel condensatore, ove si raffredda e ritorna liquido. Ecco dunque che alternando la chiusura e l'apertura di quei robinetti si ottiene un moto concorde alternato nei due stantuffi, e quindi nel bilancere che da essi vien messo in movimento.

Nelle macchine di Wolf, ben costrutte, della forza di 12 a 15 *cavalli-vapore*, si consumano soltanto 3 chilogrammi di buon carbon fossile per cavallo e per ora di lavoro; mentre le macchine di Watt — a bassa pressione — consumano da 6 a 7 chilogrammi di carbone per cavallo e per ora. Questa sensibilissima economia, congiunta alla dolcezza dei movimenti, valse a diffondere rapidamente per ogni dove la macchina di Wolf.

Nei precedenti capitoli abbiam già avuta occasione di accennarvi fugacemente le *macchine ad alta pressione* che più esattamente si direbbero *macchine senza condensazione*; esse presentano due notevoli vantaggi rispetto alle macchine a condensazione. Queste ultime non possono essere stabilite che nei luoghi in cui si ha a disposizione un'abbondante corrente d'acqua per alimentare e mantenere a bassa temperatura il condensatore. Le macchine ad alta pressione all'incontro, essendo prive di condensatore, richiedono soltanto l'acqua necessaria alla produzione del vapore e perciò possono essere stabilite quasi dappertutto. Aggiungi che le macchine ad alta pressione occupano spazio molto minore delle altre, mentre hanno forza pari, e pesano molto meno: perciò riesce ben più facile il trasportarle da luogo a luogo.

Prima di narrarvi la storia dell'invenzione e dei progressi della macchina ad alta pressione, dobbiamo esporvi il principio che serve ad essa di base.

Riscaldando l'acqua in un vaso aperto e sotto l'ordinaria pressione atmosferica, quell'acqua si riscalda poco a poco; giunta all'ebullizione — alla quale, come ben sapete, corrisponde la temperatura di 100° centigradi — non c'è verso di riscaldarla maggiormente. Per quanto fuoco facciate intorno al vaso non riescirete che a render più rapida la vaporizzazione, ma non potrete far salire d'un grado la temperatura dell'acqua; tutto il calore prodotto dal fuoco che circonda il vaso va spesso a trasformare in vapore l'acqua contenutavi. Ma se chiudete il vaso ed impedite l'uscita al vapore, la temperatura dell'acqua e quella del vapore continueranno gradatamente a salire e giungerebbero a qualunque più alta temperatura se vi fossero vasi tanto robusti da resistere alla forza espansiva, ognor crescente, del vapore. E già sappiamo che, mentre il vapore alla temperatura di 100° centigradi ha la tensione di *un' atmosfera* (1), ai 153° ha la tensione di 5 atmosfere; a 200° la sua tensione è di 15 atmosfere, a 253 è di 40, a 266° è di 50 atmosfere. — Watt, se rammentate, aveva riconosciuto questa forza ognor crescente del vapore al crescere della temperatura, ne aveva intraveduta l'importanza, ma non ne aveva ricavato praticamente alcun vantaggio.

Nelle macchine di Watt, che son *macchine a condensazione*, la temperatura del vapore che muove lo stantuffo supera di poco quella dell'acqua bollente; perciò quel vapore ha una tensione poco superiore a quella d'un'atmosfera. Il vapore che ha servito a spingere, ad esempio dall'alto al basso, lo stantuffo — supponiamo sempre che il cilindro sia ritto in piedi — passa nel condensatore, lasciando quasi vuota la capacità superiore del cilindro, non appena nuovo vapore giunto dalla caldaia va ad invadere la capacità inferiore del cilindro. Questo nuovo vapore, che dalla caldaia giunge nella capacità inferiore del cilindro, trova lievissimo ostacolo pel vapore molto rarefatto che ancor rimane nella capacità superiore del cilindro, ed obbliga lo stantuffo a salire. — Ma se,

(1) Crediamo opportuno rammentare che in meccanica si dice *atmosfera* ogni forza che eserciti una pressione di chilogrammi 1,03 su ogni centimetro quadrato di superficie premuta. Ha tal nome poichè questa pressione è eguale a quella esercitata dall'atmosfera — al livello del mare — su tutti i corpi da essa investiti. Per analogia dicesi pressione di due, tre, ecc., atmosfere, la pressione eguale a due, tre, ecc., volte quella pressione che su un centimetro quadrato verrebbe esercitata da chilogrammi 1,03; così ad esempio quando si parla di una pressione di 8 atmosfere s'intende discorrere della pressione di otto volte chilogr. 1,03, ossia chilogr. 8,24 per ciascun centimetro quadrato di superficie premuta.

acceso un vivo fuoco sotto alla caldaia, impedite ogni fuga al vapore, questi andrà mano mano riscaldandosi ed acquisterà tensione ognor crescente, tensione che si potrà conoscere mercè un apposito strumento detto *manometro*, di cui vi daremo in seguito la descrizione. Ciò posto, supponiamo che la caldaia comunichi mediante due tubi — muniti ciascuno di robinetto — con le due capacità, superiore ed inferiore, d'un cilindro entro al quale può scorrere, a tenuta di vapore, uno stantuffo; — questo cilindro sia inoltre munito di due fori l'uno verso un fondo, l'altro verso l'altro, destinati a mettere direttamente in comunicazione coll'atmosfera le due capacità del cilindro. Questi due fori, che possono essere aperti o chiusi mediante robinetti, sieno chiusi. Or supponiamo che il manometro indichi che il vapore contenuto nella caldaia ha raggiunta la tensione di otto atmosfere: aprite i due robinetti e lasciate entrare il vapore in tutte due le capacità del cilindro; si muoverà lo stantuffo? No, certamente, poichè tutte due le sue facce subiscono la pressione di otto atmosfere; essendo eguali perfettamente le superfici di queste due facce, sì l'una come l'altra subiscono l'identica pressione, e siccome nulla spinge lo stantuffo più da una parte che dall'altra, così lo stantuffo rimane immobile. Chiudiamo ora uno dei due robinetti, quello ad esempio che permetteva l'ingresso del vapore dalla caldaia nella capacità superiore del cilindro, ed apriamo quello presso al fondo superiore del cilindro. Il vapore contenuto in questa capacità superiore trova aperta un'uscita, il vapore ne è felicissimo; sapete che ei reagisce costantemente quando è racchiuso; appena trova un varco scappa come un debitore perseguitato dall'usciere.

In pochi istanti la capacità superiore, che racchiudeva vapore ad 8 atmosfere di tensione, non contiene più che vapore misto ad aria, il tutto dotato della tensione d'un'atmosfera soltanto. Mentre va diminuendo la tensione nel vapore racchiuso nella capacità superiore, il vapore racchiuso nell'altra capacità non se ne sta ozioso; continua a spingere dal sotto in su lo stantuffo; lo stantuffo, premuto dal basso all'alto con la forza di 8 atmosfere e dall'alto al basso con la forza d'un'atmosfera sola, si muove come se fosse premuto dal basso all'alto con la forza di 7 atmosfere, come se la capacità superiore fosse perfettamente vuota. Giunto lo stantuffo al punto più alto della sua corsa, chiudiamo il robinetto per cui è entrato il vapore dalla caldaia nella capacità inferiore del cilindro, in pari tempo chiudiamo anche il robinetto per cui il vapore si è scaricato dalla capacità superiore del cilindro nell'atmosfera, ed apriamo gli altri due robinetti. Il vapore, che ha spinto in su lo stantuffo, va a scaricarsi nell'aria, mentre nuovo vapore entra dalla caldaia nella capacità superiore del cilindro e spinge al basso lo stantuffo. Aprendo dunque e chiudendo a due a due quei robinetti, otterremo un movimento continuo di va e vieni nello stantuffo, movimento che, mercè il gambo che sormonta lo stantuffo, potrà essere trasmesso al bilanciere o ad altro organo analogo, che poi trasmetterà il movimento ai meccanismi che si vogliono far andare. Ecco spiegato come si può sopprimere il condensatore adoperando convenientemente il vapore ad *alta pressione*.

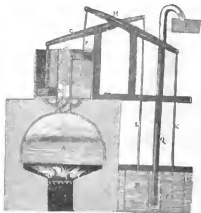



Fig. 64. Macchina a vapore di Leupold.

La prima idea delle macchine ad alta pressione fu emessa verso il 1725 dal fisico tedesco Leupold.

La *prima macchina di Leupold*, da essa intitolata *doppia macchina a fuoco per alzar l'acqua mercè l'espansione secondo il sistema di Papin*, presenta molta analogia con la seconda macchina a vapore del fisico di Blois. Come Savery e Papin, così anche Leupold impiega il vapore a sollevar l'acqua fino ad un serbatoio dal quale essa si versa nei truogoli d'una ruota idraulica: il vapore che ha già servito passa direttamente nell'atmosfera.

La *seconda macchina di Leupold* è destinata, come la macchina di Newcomen, a mettere in movimento il gambo d'una pompa pel sollevamento delle acque.

L'unita figura 64, ben poco diversa da quella data da Leupold nella sua opera, indica i principali elementi che la compongono.

A, è la caldaia in cui si genera il vapore; R ed S son due cilindri comunicanti or l'uno or l'altro con la caldaia

a seconda della posizione del robinetto B. Questo robinetto è munito di quattro aperture disposte in tal modo che, mentre il vapore passa dalla caldaia in uno dei due cilindri, il vapore precedentemente introdotto nell'altro cilindro passa direttamente nell'atmosfera. Nella situazione rappresentata dalla figura, il cilindro R è ripieno di vapore che solleva lo stantuffo C, il cilindro S è spoglio di vapore, quello che vi era da prima è sfuggito nell'aria passando pel tubo M, grazie ad un canale convenientemente praticato nel robinetto B. Ciascuno dei due stantuffi C e D di questi due cilindri fa oscillare apposito bilancere; lo stantuffo C fa oscillare il bilancere H, lo stantuffo D fa oscillare il bilancere G: questi due bilanceri mettono rispettivamente in movimento — mercè i gambi K ed L — due pompe prementi O e P. Queste attingono l'acqua da una cisterna N, la spingono entro ad un tubo ascendente Q dal quale essa si scarica in un serbatoio superiore T. Questa macchina contiene, come si vede, il principio delle moderne macchine ad alta pressione. Sembra che Leupold presagisse tutta l'importanza di questa sua invenzione, poichè, dopo averla descritta, ei si esprime in questi termini.

« Questa macchina può essere costrutta in guisa che i robinetti si aprano e chiudano col solo gioco della macchina, io non entro in questi particolari e non descrivo neppur in qual modo si debba far entrare nella caldaia nuova acqua a sostituirvi quella uscita in forma di vapore; per ora io do un semplice schizzo, sarebbe necessario un profondo studio ed alquante esperienze. Avrei desiderato poter istituire un'esperienza su ampia scala per riconoscere se si potesse stabilire vantaggiosamente, con questo sistema, una segatura in una foresta ricca d'acqua e di legna. Siccome però mi mancano il tempo e l'opportunità per eseguire tosto questa macchina ed altre esperienze e ricerche costose, così confido che essa possa trovare degli amatori che coglieranno l'occasione ch'io presento loro per imprendere qualche esperienza in proposito ».

Fig. 65. Oliviero Evans, fanciullo, fa scoppiare un petardo di Natale nel 1773.

Tuttavia il principio suggerito da Leupold passò inosservato. — Nella serie di esperienze istituite da Watt, questi riconobbe l'importanza che potevano avere, nell'impiego meccanico del vapore, i mezzi proposti da Leupold. In uno dei suoi brevetti, Watt fa menzione del progetto di costruir macchine nelle quali il vapore venga espulso subito dopo aver funzionato, ma neppur Watt mandò mai ad effetto questo proponimento.

XX.

Il petardo di Natale ed il fanciullo Oliviero Evans. — Le macchine americane ad alta pressione. — Renitenza degli inglesi ad adottarle. — Le macchine di Cornovaglia.

L'onore d'aver costrutte e diffuse nell'industria le prime macchine ad alta pressione, spetta completamente all'americano Oliviero Evans, uomo dotato di profondo genio meccanico, che i suoi compatriotti ebbero il torto di sconoscere per lungo tempo.

La prima volta che l'attenzione d'Oliviero Evans si rivolse al vapore, fu in presenza d'un giuoco usato dagli abitanti del suo paese. In America i fanciulli si divertono — a quanto dicesi — a turare ermeticamente, con un chiodo, il focone di una canna da fucile, versano poi dell'acqua nella canna, ne chiudono la bocca e quindi la espongono ad intenso fuoco. L'acqua contenuta nella canna si riscalda, produce il vapore; e questo, pel continuo riscaldamento, acquista tanta tensione da cacciare il chiodo con violenta detonazione. Questo pericoloso trastullo — ch'io vi prego di non ripetere, se vi è cara la vita — lo dicono *petardo di Natale*. Ebbene, il 2 dicembre 1773 Oliviero Evans, semplice operaio carradore dell'età di diciott'anni, fu testimonio, in una festa campestre datasi presso Filadelfia, sua patria, degli effetti dei petardi di Natale. Rinnovò poscia più volte quest'esperienza, che gli rivelò la formidabile potenza di cui è dotato il vapor acqueo fortemente riscaldato. Evans ricercava già da gran tempo qualche forza motrice che non fosse quella del vento, delle molle o dei cavalli; la sua giovane imaginazione si infiammò ben presto all'idea di applicare il vapor acqueo come motore. — Ma non tardò guari a sapere che i meccanici avevano già tratto partito da questa forza motrice. La descrizione, capitatagli fra le mani, d'una macchina di Newcomen e la lettura di alcune operette sulle macchine a condensatore, lo misero in breve al corrente dello stato della scienza in quest'argomento.

Ei si stupì grandemente, ed a ragione, quando seppe che un mezzo, la cui potenza gli sembrava senza limiti, serviva semplicemente a produrre il vuoto: tentò per conseguenza di combinare nuove macchine nelle quali il vapore agisse solamente con la sua elasticità e sfuggisse nell'aria dopo aver esercitata la sua pressione, sulla faccia d'uno stantuffo, nell'interno d'un cilindro. Costruì parecchi modelli di questo nuovo genere di macchine, nei quali il vapore agiva persino con la tensione di dieci atmosfere.

Applicando le sue idee sull'alta pressione, Oliviero Evans imaginò nel 1782 quegli ammirabili molini da farina, mossi dal vapore, dai quali gli Stati Uniti ricavarono, e ricavano anco al presente, sì grandi servigi. Di lì a non molto ei tentò di costruire, seguendo gli stessi principii, una carrozza mossa dal vapore.

Malgrado i suoi sforzi, perseverantemente continuati pel corso di più di vent'anni, Evans non riescì a far adottare le sue idee. Riprese per conseguenza il corso de' suoi precedenti lavori, la costruzione di macchine a vapore, consacrandosi particolarmente a fabbricar macchine ad alta pressione. Fondò a questo scopo grandi officine a Filadelfia, e suo figlio eresse a Pittsburg uno stabilimento consimile. I numerosi apparecchi che, da queste officine, si diffusero negli Stati Uniti, dimostrarono finalmente con tutta evidenza la verità, troppo a lungo contestata, delle asserzioni di Evans; e sebbene quest'entusiasta inventore esagerasse molto la potenza degli effetti dinamici del vapore ad alta pressione, pure si può dire che a lui solo spetta l'onore dei grandissimi servigi che le macchine ad alta pressione rendono oggidì all'industria ed alla civiltà.

Ma il povero Oliviero non potè godere del prodigioso sviluppo che ebbe la sua invenzione. L'11 marzo 1819 un considerevole incendio ridusse in cenere il suo stabilimento di Pittsburg, e distrusse per più di centomila franchi di macchine. Questo disastro lo colpì sì dolorosamente, che morì di dolore quattro giorni dopo.

Le macchine ad alta pressione ebbero da principio difficoltà ad introdursi in Europa. Durò per molti anni la lotta fra la macchina a condensazione, fabbricata nelle officine inglesi, e la macchina ad alta pressione d'origine americana. La macchina di Watt, creazione eminentemente nazionale, erasi per così dire identificata con l'industria della Gran Brettagna, la quale aveva impegnati in essa immensi capitali: grave e formidabile ostacolo codesto all'adozione delle nuove macchine americane. Tuttavia, era impossibile sconoscere i vantaggi di questi apparecchi, che si accontentano di ristrettissimo spazio, sopprimono

il grande ingombro prodotto dal condensatore e con meccanismo semplicissimo sviluppano straordinaria potenza.

I meccanici Trevithick e Vivian furono i primi ad introdurre in Inghilterra l'uso di macchine ad alta pressione. Incominciarono a costruirne alcune nel 1801; però queste macchine si diffusero in Inghilterra solo dopo il 1825, nel qual anno il costruttore Maudslay diede forma elegante alle macchine in discorso sostituendo vantaggiosamente una biella articolata all'enorme bilancere di Watt, circostanza che migliorò tosto il credito dalle macchine ad alta pressione. Nelle *macchine di Maudslay*, dette anche *macchine a biella articolata*, il gambo dello stantuffo è mantenuto in linea retta da un traverso, con articolazione mobile, che scorre fra due guide inflessibili.

Accennata così brevemente la storia delle macchine ad alta pressione, completeremo la nostra narrazione esponendovi i perfezionamenti, in vero straordinarii, che si introdussero — intorno al 1830 — nelle pompe a fuoco in Cornovaglia. Mentre Wolf ed i suoi successori modificavano profondamente la macchina a bilancere, introducendovi l'alta pressione e l'espansione su larga scala, mentre le macchine ad alta pressione cominciavano a diffondersi in Inghilterra e sul continente, — i costruttori di Cornovaglia, ed in particolare Trevithick, occupavansi a perfezionare la macchina di Watt a semplice effetto, che serviva allora e serve anco al presente, nelle miniere di Cornovaglia, ad estrarre le acque dal fondo delle miniere. Questi costruttori riescirono, mercè una serie di notevoli invenzioni, ed in particolare mercè un saggio impiego dell'espansione del vapore, a portare le loro macchine ad altissimo grado di perfezione.

Le macchine di Cornovaglia sono, in generale, ad effetto semplice ed a pressione media, alla pressione cioè di 3 a 4 atmosfere. Hanno dimensioni colossali; i cilindri misurano 2 a 3 metri di diametro, lo stantuffo ha una corsa di 3 a 4 metri; l'espansione si ottiene senza ricorrere al cilindro addizionale, ma nel corpo stesso dell'unico cilindro il vapore si espande fino ad occupare uno spazio dieci volte maggiore del primitivo. Si regola quest'espansione mercè una valvola a doppio ricoprimento ideata dai costruttori di Cornovaglia, la quale permette di aprire al vapore larghi orificii, e vien messa in movimento con debolissimo sforzo. Mercè la riunione di tutti questi perfezionamenti si giunse a ridurre il consumo di carbone, nelle macchine di Cornovaglia, ad un chilogramma per ora di lavoro e per cavallo di forza prodotta. Questo straordinario risultato accordò meritamente un'immensa riputazione alle macchine di Cornovaglia.

La qui unita fig. 66 rappresenta l'insieme d'una di queste macchine. A, è il cilindro nel cui interno il vapore, agendo a semplice effetto, mette in movimento lo stantuffo.

Il tubo H serve a mettere alternatamente in comunicazione con la caldaia — che non si può scorgere nella nostra figura — la capacità superiore e la capacità inferiore del cilindro, permettendo l'ingresso del vapore ora al disopra ed ora al disotto dello stantuffo, lo stesso tubo conduce poi, nel condensatore, il vapore che ha già servito, come vi abbiam spiegato (a pagina 78) nel descrivervi la teoria della macchina di Watt ad effetto semplice. Un lungo gambo G G congiunto al bilancere serve a manovrare le valvole idrauliche che regolano l'ammissione del vapore nell'interno del cilindro. Il regolatore idraulico è disegnato in P; K è il condensatore consistente in una capacità chiusa, immersa in un serbatoio contenente acqua fredda, che vi entra continuamente, mercè una pompa, a sostituir quella riscaldatasi a contatto col vapore che, ad ogni oscillazione, esce dal cilindro. L è la *pompa ad aria* che serve ad estrarre continuamente dal condensatore quest'acqua riscaldata; M è la pompa destinata all'alimentazione della caldaia, cioè ad introdurre nella caldaia nuova acqua in sostituzione di quella che, trasformata in vapore, entra continuamente nel cilindro e vi muove lo stantuffo, il cui continuo moto di ascesa e di discesa produce l'alternata ascesa e discesa del gambo BC, articolato in C al bilancere C E girevole intorno al perno D. Dall'altra estremità E di quel bilancere discende una solida asta di legno EF, che imprime il necessario movimento di ascesa e discesa alla pompa destinata all'estrazione dell'acqua dal fondo della miniera.

Le macchine di Cornovaglia presentano nel loro meccanismo parecchie particolarità secondarie di grande interesse; ma qui basta l'averne data un'idea complessiva. L'annuncio dei risultati prodotti da questo potente apparecchio, nel quale si consuma soltanto un chilogramma di carbon fossile per cavallo-vapore e per ora di lavoro, produsse in tutta Europa una grande sensazione, e stimolò ovunque l'emulazione dei costruttori.

XXI.

PRINCIPALI ORGANI DELLE CALDAIE DELLE MACCHINE A VAPORE.

La caldaie, i bollitori. — Le incrostazioni terrose. — I pericoli d'esplosione e gli apparecchi di sicurezza: la valvola di Papin, i dischi fusibili, i manometri, gl'indicatori del livello dell'acqua, il galleggiante ed il fischietto d'allarme. — L'alimentazione della caldaia e l'*injettore Giffard*. — La comunicazione laterale del moto del nostro idraulico Venturi. — Lavoro gratuito a la realizzazione del moto perpetuo. — La teoria meccanica del calore dilegua il paradosso, e spiega il fenomeno.

Nell'esposizione delle invenzioni scientifiche, il metodo storico giova non poco alla chiarezza. Ma l'esposizione storica dev'essere poi completata con una descrizione generale degli apparecchi, nei quali si compendia lo stato attuale dell'invenzione che si considera.

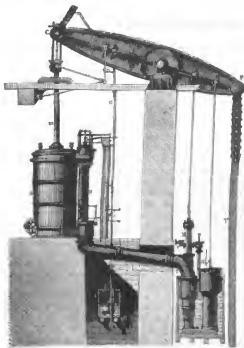
Dobbiam dunque ora far conoscere le varie disposizioni usitate al presente, per utilizzare nell'industria la potenza meccanica del vapore acqueo.

Descriveremo in questo capitolo i vari organi che son comuni a tutti i generi di macchine a vapore. Incominceremo a parlarvi della forma e delle disposizioni in uso nella costruzione delle caldaie, e quindi esamineremo gli apparecchi di sicurezza che servono ad indicare lo stato della pressione nell'interno delle caldaie stesse ed a prevenirne l'esplosione.

Fig. 66. Macchina di Cornovaglia.

CALDAIE. Nelle prime macchine a vapore, vale a dire in quelle di Savery e di Newcomen, si dava alla caldaia una forma semisferica, che è la forma più conveniente a meglio resistere alla pressione interna del vapore, ed è quindi la più propria contro il pericolo dell'esplosione che a quei tempi preoccupava in particolar modo i costruttori. Ma, con l'andar del tempo, l'abitudine fece scemare il timore del pericolo, e l'esperienza diede a conoscere con tutta esattezza la resistenza di cui è capace una lastra di metallo di un dato spessore; allora si abbandonò la forma sferica, che, a pari volume d'acqua contenuta, presenta alla fiamma la minima superficie. Le caldaie di Watt erano concave verso il fondo, cilindriche superiormente, e verticali ai lati. La concavità nella parte inferiore della caldaia fu adottata da Watt allo scopo d'aumentare l'estensione della superficie esposta all'azione del fuoco.

Codesta disposizione è impiegata anco in oggi quando la tensione del vapore della caldaia non debba superare le due atmosfere.

Ma ben diverse son le disposizioni usitate nella costruzione dei generatori che devono fornire vapore dotato di grande tensione; la quantità di vapore che può svilupparsi in un dato tempo entro ad una caldaia, non dipende che in piccola parte dalla capacità stessa e dal volume di acqua contenutovi, ma dipende in particolar modo dall'estensione della superficie esposta all'azione del

fuoco. Generalmente si ammette che un metro quadrato di superficie riscaldata possa fornire in media, nel periodo d'un'ora, 40 chilogrammi di vapore; qualunque sia la forma di codesta superficie. Da ciò si comprende come, per produrre rapidamente considerevole quantità di vapore, sarebbe mestieri assegnare alla caldaia una gran lunghezza mercè la quale si potrebbe esporre al fuoco tutta la superficie necessaria. Per ovviare a quest' incomoda lunghezza si costruiscono presentemente caldaie dette *a bollitori*, le quali si compongono di due caldaie sovrapposte, di grandezza diversa, comunicanti fra loro per grossi tubi verticali. Siccome i *bollitori*, vale a dire il complesso della caldaia inferiore, ricevono la prima azione del fuoco che altera in particolar modo il metallo, così è mestieri cangiarli di frequente, mentre la caldaia principale, non essendo esposta al fuoco, può durare lunghissimo tempo.

La figura 67 rappresenta una di queste caldaie. AA è il corpo della caldaia principale, BB uno dei due bollitori, CC i grossi tubi che stabiliscono la comunicazione fra ciascun bollitore e la caldaia principale. Conviene notare che

Fig. 67. Caldaia per macchina a vapore.

Fig. 68. Caldaia a vapore, con bollitori, montata sul fornello.

Fig. 69 Sezione traversale d'una caldaia a vapore.

la caldaia è munita d'un secondo bollitore collocato parallelamente al primo e che perciò non può essere veduto sul nostro disegno.

La figura 68 vi mostra una caldaia a bollitori collocata nel suo fornello e munita di tutti i suoi accessori, tanto quelli relativi alla caldaia quanto ancora quelli relativi al fornello. Detta figura rappresenta una sezione longitudinale del fornello e quindi permette di vedere la caldaia nel senso della sua lunghezza. A (fig. 68) è il corpo della caldaia; BB, uno dei bollitori; D, una parete orizzontale che abbraccia tutta l'estensione del fornello, all'altezza dei bollitori. Tre pareti verticali, disposte contro ai tubi C, dividono in tre compartimenti lo spazio che rimane libero fra detta parete orizzontale e la parte inferiore del corpo della caldaia.

Vediamo ora quale [illegible] andamento della fiamma che deve successivamente lambire tutte le parti della superficie esterna della caldaia. Uscendo dal focolaio E, la fiamma passa anzitutto nel condotto F, e si dirige dal fondo del fornello alla parte posteriore della caldaia; di là, essa passa nel compartimento G, vale a dire al disotto del corpo principale della caldaia. Giunta all'estremità di questo condotto G, la fiamma si divide in due parti e ritorna alla parte posteriore della caldaia, passando pei condotti laterali HH (vedi fig. 69). Uscendo poi da questi condotti la fiamma passa finalmente nel fumaiuolo L. Un registro M equilibrato da un contrappeso serve a chiudere od aprire, più o meno completamente, il tubo del fumaiuolo, e per conseguenza modera od attiva il tiraggio d'aria, vale a dire la chiamata d'aria necessaria ad alimentare la combustione.

La figura 69 mostra una sezione traversale della caldaia

A e dei bollitori BH BH posti nel fornello G superiormente al focolaio F. Come si scorge da quest'ultima figura, l'acqua riempie i bollitori B B, i tubi verticali e gran parte della caldaia A; lo spazio residuo fra il livello dell'acqua nell'interno della caldaia e le pareti superiori di questa, dicesi *camera a vapore;* attivata la combustione nel fornello, quella *camera* si riempie a poco a poco di vapore; quando sia aperto apposito robinetto il vapore esce dalla caldaia, passa nel tubo *a* e va quindi ad agire nel cilindro per muovervi lo stantuffo.

Alle caldaie si assegna una lunghezza di cinque a sei e talvolta persino dieci volte il loro diametro; questo, in generale, non è maggiore d'un metro.

Quando la quantità di vapore ottenuta da queste caldaie non fosse sufficiente per l'effetto meccanico che si vuol produrre, in luogo di aumentare il diametro della caldaia si preferisce impiegarne parecchie. Caso che si verifica, come vedremo, nei battelli a vapore.

Le caldaie ed i bollitori possono essere costrutti in ferro fuso, rame, o ferro battuto. Adoperato nella costruzione delle caldaie, il ferraccio (ferro fuso) non fornisce buoni risultati, e perciò lo si impiega ben di rado.

Le caldaie di rame ebbero un tempo la preferenza, ma lo spessore che, per resistere a determinata tensione di vapore, devono avere le lastre di rame — eguale a quello che avrebbero se fossero di ferro — aumenta di molto il loro costo, e perciò ora si impiega il rame solo per quelle caldaie che devono essere alimentate da acque contenenti principii molto corrosivi che distruggerebbero assai più rapidamente le lastre di ferro.

Per tali motivi, le caldaie si costruiscono quasi esclusivamente con lamiera di ferro. La grande tenacità del ferro ed il suo mite prezzo stabiliscono a favor suo la preferenza, quando in particolare il combustibile non sia troppo solforoso e non possa quindi alterare, troppo presto, il metallo.

L'acqua, mantenuta costantemente in ebollizione entro ad una caldaia, vi deposita in capo a pochi giorni — in conseguenza della successiva evaporazione — un sedimento terroso. Le acque generalmente adoperate per alimentare le caldaie, tengono sempre in dissoluzione una quantità più o meno grande di sali terrosi, formati d'una mescolanza di solfato di calce col carbonato di calce. L'acqua si evapora, ma i sali no, essi si depositano sulle pareti della caldaia. Ora, la presenza di questa crosta terrosa sulle pareti interne del generatore, presenta inconvenienti parecchi. L'interposizione di questa crosta impedisce il contatto immediato dell'acqua col metallo della caldaia, questa crosta ritarda la trasmissione del calorico, e ne assorbe una parte. Essa può inoltre causare l'alterazione della caldaia, poichè la porzione coperta dalla crosta, non essendo bagnata dall'acqua, si riscalda enormemente e giunge a tal temperatura che il metallo si ossida e in breve si consuma. Ma non basta: la presenza di questi sedimenti è spesso sorgente di gravissimo pericolo — nientemeno che lo scoppio della caldaia. Quando, infatti, quest'inviluppo terroso si è formato sul fondo d'una caldaia, può accadere che per l'ineguale dilatazione che provano, per effetto del calore, la crosta terrosa ed il metallo da essa coperto, questa crosta venga ad un tratto a lacerarsi. In tal caso, l'acqua esistente nella caldaia si trova repentinamente a contatto con una superficie metallica riscaldata ad altissima temperatura; basta questa circostanza a produrre tosto enorme quantità di vapore, che non potendo essere contenuto entro alle pareti della caldaia, ne produce l'esplosione.

Bisognava, per tal motivo, pulire ad ogni quindici o venti giorni l'interno delle caldaie per purgarle dalle incrostazioni terrose, ed aderendo queste tenacemente al metallo, era mestieri attaccarlo con strumenti d'acciaio. Questa operazione preservava, è vero, la caldaia dal pericolo dello scoppio, ma era tuttavia una causa di rapido deterioramento. Perciò convenne trovarci rimedio, ed il rimedio consiste nel non permettere la deposizione terrosa sulle pareti della caldaia. Si raggiunge lo scopo introducendo, in mezzo all'acqua della caldaia, alcuni corpi estranei, sui quali vengono a depositarsi i sali calcari; tale è l'effetto prodotto dalle raschiature di patate e dalla crusca che, in molte officine, si mescola all'acqua del generatore.

Siccome però questi corpi hanno l'inconveniente di far spumeggiare il liquido, che passa talvolta fin nell'interno dei tubi che conducono il vapore, così in oggi si fa uso più frequentemente d'argilla stemperata nell'acqua, la quale basta ad impedire le incrostazioni.

Si raggiunge lo stesso scopo collocando nella caldaia frammenti di vetro, ritagli di latta, di lamiera di ferro, di zinco, i quali, muovendosi continuamente in seno al liquido — agitato dalle bolle di vapore — e contro alle pareti del generatore, impediscono il depositarsi delle sostanze terrose.

Mercè questi vari artificii si impedisce ai sali terrosi di precipitarsi in strati continui ed aderenti, si ottiene invece un deposito fangoso che non aderisce menomamente alla caldaia. E così basta vuotarla di quando in quando per sbarazzarsene.

Apparecchi di sicurezza. I numerosi accidenti e le sciagure prodotte dalle esplosioni, altre volte troppo frequenti, di caldaie a vapore, destarono naturalmente tutta la sollecitudine dei meccanici. I vari apparecchi di sicurezza, saggiamente imposti dalla legge ai costruttori, costituiscono uno dei sistemi più importanti di codeste macchine. Vogliamo esaminarli con cura; ma prima crediamo opportuno spiegarvi le cause principali che producono il formidabile fenomeno dell'esplosione d'una caldaia.

È facile comprendere che se lo spessore delle pareti metalliche della caldaia è insufficiente a sopportare lo sforzo del vapore che tende ad espandersi, queste pareti — cedendo all'enorme pressione interna — si squarceranno ed il vapore fuggirà per la squarciatura. Ecco dunque una prima causa d'esplosione. Perciò il regolamento governativo che contempla la costruzione e l'impianto di macchine a vapore, stabilisce lo spessore che conviene assegnare alle pareti metalliche d'una caldaia, a seconda della pressione, più o meno grande, che si vuol far subire alle sue pareti.

Tuttavia l'esplosione non avviene quasi mai per poca *resistenza* nel metallo. Nel maggior numero dei *casi essa* derivò dal fatto, che alcune parti della caldaia, portate accidentalmente a temperatura elevatissima, si trovarono tutt'a un tratto a contatto coll'acqua. Se, ad esempio, il livello interno dell'acqua nel generatore viene, per poca sorveglianza, ad abbassarsi in modo che l'acqua non occupi che la metà od il terzo dell'altezza che vi dovrebbe occupare, le porzioni di metallo, lambite esternamente dalla fiamma del fornello, e non bagnate internamente, possono riscaldarsi tanto da diventar roventi; e *se*, per un caso qualunque, una certa quantità *di* acqua va allora a colpire codeste *pareti* roventi, l'esplosione della caldaia è inevitabile.

È inevitabile, per due motivi: il primo consiste nella improvvisa *formazione* d'una considerevole quantità di vapore che si genera pel contatto dell'acqua colle pareti metalliche eccessivamente riscaldate. Codesta quantità di vapore repentinamente formatasi — provocando tosto una pressione fortissima — produce sulla caldaia l'effetto d'un violento colpo di martello e determina per tal motivo la rottura della *stessa*; il secondo motivo si è il raffreddamento *quasi* istantaneo cui trovasi esposto il metallo *rovente* — pel suo improvviso contatto *con la nuova acqua* introdotta nella caldaia — raffreddamento che produce una modificazione *molecolare nella* costituzione fisica del metallo, *pella quale si divien*e molto più fragile, cosicchè *la rottura divien*e più facile.

L'esplosione d'una macchina a vapore produce straordinari fenomeni meccanici, che non si saprebbero spiegare considerando la sola azione del vapore esistente nella caldaia all'atto della esplosione. Muraglie rovesciate, grosse travi slanciate a distanze considerevoli, la devastazione completa dell'officina, e tutte le scene strazianti di distruzione e di morte che accompagnano questo tremendo fenomeno, non potrebbero essere prodotte dalla sola espansione del vapore contenuto nella caldaia. Ma a questo si aggiunge una sorgente ancor più formidabile: l'improvvisa vaporizzazione della massima parte del liquido esistente nella caldaia nell'istante dello scoppio. Quest'acqua, mantenuta, dall'energica pressione del vapore, a temperatura di gran lunga superiore a quella dell'ebollizione, trovandosi tutt'a un tratto — libera dall'interna pressione — a contatto coll'atmosfera, si vaporizza quasi tutta immediatamente; l'enorme quantità di vapore così prodottosi può causare tutti i disastrosi effetti che troppo sovente ripetevansi, per mancanza di sufficiente esperienza, nei primordi delle macchine a vapore.

Gli apparecchi di sicurezza che servono a prevenire questi tremendi fenomeni, sono di due specie. Gli uni sono destinati ad evitare le pressioni troppo considerevoli che il vapore potrebbe acquistare: *la valvola di sicurezza, i dischi fusibili, il manometro* rispondono a quest'ufficio. Gli altri son destinati a regolare l'alimentazione della caldaia, per modo che l'acqua vi è mantenuta costantemente a conveniente livello.

La *valvola di sicurezza*, ideata da Papin nel 1681 pel suo digestore, che poi fu applicata da Désaguliers nel 1717 alla macchina di Savery, è un apparecchio ammirabile per la semplicità e l'efficacia della sua azione. È suo scopo il prevenire l'esplosione della caldaia, presentando un varco al vapore, non appena la sua pressione supera, entro alla caldaia, i limiti cui potrebbe resistere il metallo.

Il principio su cui si fonda l'azione preservatrice di questo strumento è semplicissimo. Il vapore contenuto in una caldaia esercita, come è noto, egual pressione sopra tutti i punti delle pareti di quella caldaia. Praticando dunque un'apertura circolare, in un punto qualunque della superficie di una caldaia, e chiudendo poi esattamente quest'apertura mediante una piastra metallica mobile, questa piastra potrà venir spinta, dall'indentro all'infuori, dalla forza espansiva del vapore che riempie la caldaia. Caricando questa piastra mobile con un peso che corrisponda esattamente alla pressione cui quella piastra sarebbe soggetta quando il vapore giungesse nell'interno della

caldaia a quel grado di tensione che non deve essere mai superato, la piastra verrà sollevata dal vapore non appena esso avrà raggiunta quella tensione massima prestabilita. Siccome poi i pesi da impiegarsi per tener compressa la piastra, sarebbero molto grandi e difficilmente maneggiabili, così non si collocano direttamente sulla piastra, ma si preme quest'ultima mediante una leva simile a quella della stadera; così un peso mediocre basta ad equilibrare le fortissime pressioni esercitate dal vapore.

La figura 70 rappresenta la valvola di sicurezza. A è la valvola che chiude un tubo verticale comunicante con la caldaia; perciò la valvola A è premuta da sotto in su dal vapore contenuto nella caldaia. Questa valvola è premuta, superiormente, nel punto D, da una leva CB, mobile; mediante cerniera, intorno al punto fisso C. L'estremità B della leva è caricata d'un peso. Questo peso è calcolato in modo da esercitare sulla valvola una pressione eguale a quella ch'essa proverebbe per effetto del vapore, quando la di lui forza elastica giungesse a quel tal grado che non deve essere mai superato

Se, per una causa qualunque, il vapore giunge accidentalmente a questo grado pericoloso, avendo ormai la forza necessaria, solleva la valvola; il vapore scappa e va a perdersi nell'aria fino a che la pressione del vapore nell'interno della caldaia trovasi ricondotta entro al limite normale. Raggiunto questo limite, la valvola, premuta più dal peso B che dalla pressione interna del vapore, si chiude ed impedisce così una inutile perdita di vapore.

La figura 71 mostra la sola valvola di sicurezza, senza la leva premente che gravita sovr'essa onde mantenerla ferma sull'orificio praticato nella caldaia; da questa figura si scorge che la valvola si compone di tre alette salienti sormontate da un capitello che è propriamente il turacciolo.

Le dimensioni delle valvole di sicurezza — a seconda delle diverse pressioni cui possono trovarsi esposte le pareti delle caldaie — son fissate con tutto scrupolo da regolamenti governativi, i quali esigono inoltre che ogni caldaia sia munita di due di queste valvole, l'una delle quali dev'essere sempre custodita a chiave affinchè il meccanico non possa alterarla (1).

La valvola a piastra mobile sarebbe un apparecchio irreprensibile per la comodità, la semplicità e la certezza della sua azione, se gli operai incaricati della condotta delle macchine, non potessero troppo facilmente far scomparire d'un tratto, a lor capriccio, tutti questi vantaggi. Basta infatti aumentare il peso che chiude la valvola, per impedirle di aprirsi quando la pressione del vapore giunge, nell'interno della caldaia, a quel grado massimo che non dovrebbe mai essere superato. Supponiamo per esempio che il peso portato normalmente dalla leva sia di dieci chilogrammi, e che a questo si aggiunga un peso di due chilogrammi, il vapore non potrà più sollevare la piastra mobile se non quando la sua tensione nell'interno della caldaia sarà cresciuta di tanto, quanto è necessario per sollevare la leva carica del peso di dodici chilogrammi.

E gli operai incaricati della direzione delle macchine commettono bene spesso questa frode. Come

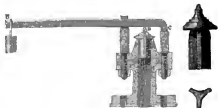



Fig. 70. Valvola di sicurezza. Fig. 71.

i vetturini amministrano a furia le frustate sui poveri loro ronzini per superare alla corsa i loro rivali; così sui fiumi o laghi molto frequentati da battelli a vapore vedreste le gare dei macchinisti che, trovandosi al fianco un battello concorrente e volendo precederlo, attaccano all'estremità della valvola un peso, un martello, un pezzo di ferro qualunque, e in tal caso non si verifica il proverbio dei due litiganti: il terzo, che è il pubblico — pagante — corre un brutto rischio. È bensì vero che i regolamenti stabiliscono che una delle due valvole sia circondata da una cassetta chiusa a chiave, ma questa saggia prescrizione non è sempre seguita.

Oltre alle valvole di Papin, le caldaie a vapore sono talvolta munite d'un apparecchio di sicurezza che si fonda sopra un principio di fisica ben diverso dal primo: quest'altro apparecchio, detto *piastra* o *disco fusibile*, è un disco di metallo che chiude ermeticamente un foro praticato in un punto qualunque della parete della caldaia. Questo disco è composto di una lega di stagno, bismuto e piombo, uniti in tal proporzione che si fondono tostochè provano un grado di tempera-

(1) Non è permesso adoperare una caldaia a vapore senza averla prima esperimentata a freddo mediante uno strettoio idraulico, col quale si esercita sulle pareti della caldaia una pressione tripla di quella che dovranno poi sopportare. Questa prova dev'essere eseguita in presenza di delegati governativi.

tura superiore a quella che ha il vapore quando ha raggiunta la pressione estrema che si vuol lasciar sopportare dalla caldaia.

L'ingegnoso principio su cui si fonda l'impiego di questi dischi fusibili merita d'essere riferito. La pressione esercitata dal vapore acqueo sulle pareti dei vasi che lo contengono, dipende dalla sua temperatura; le pressioni corrispondenti alle varie temperature di vapore, sappiamo che furono determinate sperimentalmente con ogni precisione, e le abbiamo registrate al N. 1. Da quella tabella si comprende come, la nozione della temperatura di cui è dotato il vapore contenuto in una caldaia, è sufficiente ad indicare la forza elastica posseduta da quel vapore, — sono due termini uniti fra loro in modo invariabile.

Mescolati adunque opportunamente alcuni metalli, si prepara una lega combinata in modo che entri in fusione a quella temperatura che non si vuol lasciar superare dal vapore (1). Si chiude poscia con una piastra composta di questa lega, un orificio preventivamente praticato nella parete della

Fig 72. Fornello, bollitori ed indicatore del livello d'acqua della caldaia d'una macchina a vapore fissa.

caldaia. Ciò posto, riescirà chiaro che, non appena il vapore avrà superata la pressione normale stabilita dal costruttore, la piastra dovrà fondersi, poichè il vapore le avrà comunicata una temperatura superiore a quella corrispondente alla fusione della lega metallica costituente quella piastra: la caldaia si troverà dunque aperta, ed offrirà libero il varco al vapore sovrabbondante.

Fondate su fenomeni fisici della più rigorosa esattezza, le *piastre fusibili* sembrano offrire un mezzo sicuro per prevenire l'esplosione delle caldaie. *Tuttavia l'esperienza ci dice che il loro impiego non va disgiunto, nella pratica, da gravi inconvenienti. Siccome* la lega componente questa piastra si rammolisce prima di liquefarsi, così quando la temperatura si avvicina a quel tal limite che corrisponde alla fusione della lega me-

(1) Ecco ad esempio la temperatura di fusione di alcune leghe metalliche:

3 parti di piombo ed 1 di stagno fondono a 289°
1 » » 1 » » 241
1 » » 2 » » 196
1 » » 3 » » 186
1 » » 4 » » 189
2 » » 9 » e 1 di zinco 168
5 » » 3 » e 1 di bismuto 94;

Isolatamente lo stagno fonde a 235°; il bismuto a 265°; il piombo a 335°.

tallica, la piastra non presenta più la necessaria resistenza per opporsi allo sforzo sovr'essa prodotto dalla pressione interna del vapore, e perciò non è infrequente il caso che la piastra ceda ad una pressione del vapore ancor lontana dai limiti preveduti. Si rimediò in parte a quest'inconveniente racchiudendo la piastra fusibile fra due tele metalliche a tessitura compatta, che, sostenendola, impediscono che si pieghi sotto la pressione del vapore.

Un altro inconveniente più difficile ad evitarsi si è che la piastra fusibile, sebbene applicata alla parte superiore della caldaia, finisce coll'incrostarsi dei depositi provenienti dall'evaporazione dell'acqua. Questi depositi si attaccano alla superficie della piastra e la rivestono d'uno strato terroso che ritarda la trasmissione del calore e impedisce quindi che la piastra entri in fusione al momento opportuno.

Per ultimo, le piastre fusibili presentano un grave inconveniente economico. Quando il vapore racchiuso nella caldaia, superato il limite prestabilito, ha provocata la fusione della piastra, tutto il vapore che prima stava nella caldaja passa a poco a poco nel foro e va a perdersi nell'aria. L'esplosione è prevenuta, è vero, ma in pari tempo il moto della macchina è cessato, poichè la caldaia non ha più vapore da mandar nel cilindro. Conviea poi applicare un'altra piastra fusibile, riempier di bel nuovo d'acqua la caldaia e riscaldarla. Aggiungi a ciò che in molti casi l'improvvisa cessazione della forza motrice non sarebbe disgiunta da inconvenienti gravissimi: un battello a vapore correrebbe rischio assai grave se mentre è in vicinanza alla costa, o sta per imboccare il porto, venisse improvvisamente a mancargli la forza motrice.

In ciò sta il vizio capitale ed irremediabile degli apparecchi di sicurezza composti di metalli fusibili. La valvola di Papin ne è esente, poichè si chiude da sè non appena ha lasciato fuggire il vapore che colla sua forza elastica eccedente minacciava compromettere la durata dell'apparecchio; il vapore, ricondotto così alla tensione conveniente, continua a passare nei cilindri, e la forza motrice non cessa d'agire neppure un istante.

A causa di tutti questi inconvenienti, le piastre fusibili sono oggidì abbandonate quasi completamente.

C'è tuttavia un'eccellente applicazione di esse, per impedire che la caldaia si abbruci quando per un caso qualunque ei trovi vuota d'acqua. Praticato un foro sul fondo della caldaia proprio al di sopra del fornello, si chiude questo foro con un turacciolo di piombo o di lega fusibile. Se per un caso qualunque o per negligenza del meccanico la caldaia si trova asecco, il turacciolo, non essendo più mantenuto a bassa temperatura dall'acqua che prima lo bagnava, si fonde tosto; allora la poca acqua rimasta nella caldaia, o quella che vi si introducesse, esce pel foro e, cadendo sul fornello, vi spegne il fuoco.

Manometro. Il mezzo più certo, per prevenire i pericoli derivanti da aumento fortuito nella pressione del vapore, consiste nel poter sempre riconoscere lo stato preciso della tensione del vapore nell'interno della caldaia. L'apparecchio che serve a fornire continuamente al meccanico l'indicazione e la misura della pressione che il vapore esercita nell'interno della caldaia, è detto *manometro*.

I manometri possono essere di varie forme. Quelli specialmente impiegati nelle macchine a vapore fisse si compongono d'un lungo tubo verticale di vetro, aperto alle due estremità; l'estremità inferiore è immersa in un serbatoio di mercurio; un tubo stabilisce una comunicazione continua fra questo serbatoio e la caldaia: perciò il vapor acqueo penetra nella capacità superiore di quel serbatoio ed esercita la sua pressione tanto sulle pareti del serbatoio quanto sul mercurio in esso contenuto. Quando la pressione del vapore non supera quella di un'atmosfera, il mercurio si mantiene nel tubo allo stesso livello del mercurio contenuto nel serbatoio, poichè, il tubo essendo aperto superiormente, l'aria atmosferica esercita, sul mercurio circondato dal tubo, pressione eguale a quella che il vapore della caldaia esercita sul mercurio del serbatoio. Non appena il vapore acquista tensione superiore a quella dell'atmosfera, preme con maggior forza il mercurio contenuto nel serbatoio; allora questo mercurio, premuto più dal vapore che dall'aria atmosferica, sale nel tubo. E, pei motivi già esposti quando parlammo della pressione atmosferica, si dice che il vapore ha nella caldaia la pressione di due atmosfere quando il mercurio è salito nel tubo all'altezza di 76 centimetri — (il lettore si rammenti che il tubo essendo aperto superiormente, l'atmosfera continua ad esercitare la sua pressione sul mercurio, e con questa pressione equilibra una delle due atmosfere di tensione di cui è dotato quel vapore); — e si dice che quel vapore ha la pressione di tre atmosfere, quando il mercurio si è portato all'altezza di due volte 76 centimetri, ossia quando ha raggiunta l'altezza di metri 1,52; e così via.

Il manometro così impiegato, senza alcun artificio, sebbene fornisca indicazioni rigorosissime, riescirebbe tuttavia incomodo nella pratica pel livello molto alto cui deve salire il mercurio per indicare pressioni di cinque o sei atmosfere; il

meccanico non potrebbe scorgere a colpo d'occhio codesto livello. Per ovviare a questa difficoltà si colloca un piccolo galleggiante sul mercurio del tubo, a questo galleggiante si lega nn filo che passa sopra una puleggia e porta un contrappeso. Al variare del livello del mercurio nel tubo, varia anche la posizione del galleggiante, ed il contrappeso si muove evidentemente in senso contrario al galleggiante, il quale può essere scorto comodamente dal macchinista. Una scala graduata, posta di fianco al tubo, esprime le variazioni nella pressione interna del vapore, espresse in atmosfere e frazioni d'atmosfera. La figura 73 rappresenta codesta disposizione che si comprende tosto: *a* è il tubo di comunicazione con la caldaia, *b* il serbatoio del mercurio, *c* il galleggiante cui è raccomandata un'estremità del filo che all'altra estremità porta il contrappeso *c*.

a

Fig. 73. Manometro ad aria libera.

Per le macchine ad alta pressione questo manometro dovrebbe essere altissimo, e malgrado l'impiego del galleggiante, riescirebbe d'uso incomodissimo; aggiungi poi che essendo il tubo aperto superiormente si perderebbe il mercurio ogni qualvolta il suo livello dovesse salire più alto del tubo. Un manometro ben più comodo, ideato dal signor Bourdon, è oggidì usitatissimo, specialmente nelle macchine ad alta pressione. Esso è quel quadrante munito di un indice che vedete sulle locomotive, e che forse forse — colpa la distanza — taluno di voi avrà scambiato con un orologio.

Il *manometro a spirale metallica* di Bourdon è fondato sul seguente fenomeno fisico: se, preso un sottil tubo metallico — a sezione ellittica — avvolto a spira, lo mettete in comunicazione col vapore contenuto in una caldaia, il vapore penetra nel tubo e, in virtù della pressione di cui è dotato, tende a raddrizzare il tubo tanto più quanto più è forte questa pressione. Ecco dunque che, adattando un indice all'estremità *libera* di questa spirale, l'indice segnerà sopra un quadrante — previamente graduato — i gradi di *allungamento* del tubo corrispondenti alla *pressione del* vapore.

Siccome poi il metallo del tubo, espandendosi continnamente in un ambiente molto caldo, potrebbe subire tali modificazioni molecolari da renderne erronee le indicazioni, così è prudente assicurarsi di tempo in tempo del buono stato e dell'esatta sensibilità di quest'apparecchio.

Son questi gli apparecchi di sicurezza che servono a rendere attento il meccanico del pericolo che potrebbe derivare dall'aumento accidentale nella pressione del vapore. Ora esamineremo gli apparecchi che si adoperano a prevenire i mali che risulterebbero da un'interruzione nell'alimentazione della caldaia, e questi sono: gli *indicatori del livello dell'acqua* ed *i galleggianti*.

Il più semplice ed il più utile fra gli *indicatori del livello dell'acqua* è un tubo di vetro posto sulla fronte della caldaia e comunicante, per entrambe le sue estremità, con l'interno della stessa, ma superiormente colla parte riservata al vapore ed inferiormente all'acqua. Nei tubi comunicanti, i liquidi, come ben sapete, si mettono allo stesso livello, e così l'acqua si alza e si mantiene, in questo tubo, allo stesso identico livello che ha nella caldaia; livello che il meccanico può sempre vedere a colpo d'occhio attesa la trasparenza del vetro. Ma non vi ha rosa senza spine: il vetro è trasparente ma è pur fragile, quindi convien pur prevenire il caso frequente che per un motivo o per l'altro questo tubo si spezzi: come potrebbe allora regolarsi il macchinista se non ha più il mezzo di conoscere a qual livello giunge l'acqua nella caldaia? Ce n'è tanta o poca? A questa domanda rispondono tre robinetti applicati l'uno entro l'altro, a brevi intervalli, sulla fronte della caldaia. Il robinetto di mezzo corrisponde all'altezza cui dovrebbe normalmente mantenersi l'acqua nella caldaia, e perciò aprendolo si dovrebbe vederne uscire acqua mista a vapore; aprendo il robinetto superiore dovrebbe escirne solo vapore; aprendo il robinetto inferiore ne dovrebbe escire soltanto acqua. Avete già compreso che, se il livello dell'acqua è troppo basso, quest'ultimo robinetto lascerà fuggire vapore e il macchinista che così se ne accorge introdurrà l'acqua mancante nella caldaia; se invece escirà acqua dal robinetto più alto, vorrà dire che ce n'è di troppo.

Il *galleggiante* poi è un corpo galleggiante sul-

La figura 74 rappresenta appunto il manometro di Bourdon. *Il vapore giunto* dalla caldaia — traverso il tubo *che sta alla sinistra* nella nostra figura — nell'interno d'una spirale cava, ne preme *le pareti, le* gonfia; diminuisce quindi lo schiacciamento *della* sezione traversale del tubo. Questo tende a *raddrizzarsi* e perciò la sua estremità, cui è applicato un indice, si sposta e si allontana tanto più verso destra quanto più forte è la pressione del vapore. Quell'indice, percorrendo il quadrante graduato, segna la pressione del vapore nella caldaia, espressa in atmosfere e frazioni d'atmosfera.

l'acqua della caldaia, sormontato da una verghetta metallica che traversa a tenuta di vapore ed a dolce sfregamento la parete superiore della caldaia. Quando l'acqua si abbassa, si abbassa pure il galleggiante e con esso la verghetta, e viceversa. L'estremità della verghetta si muove parallelamente ad una tabelletta graduata; osservando dunque a qual graduazione corrisponde la sommità della verghetta, il macchinista giudica a colpo d'occhio dell'altezza dell'acqua nella caldaia.

E se il macchinista è distratto o si addormenta, dovremo per sua colpa subire una esplosione? La macchina non può far miracoli, tuttavia avverte in tempo l'incauto e dà il grido d'allarme, mandando un fischio sonoro e prolungato mercè un ingegnoso apparecchio detto *galleggiante d'allarme*, che vedete rappresentato dalla fig. 75.

Un galleggiante A è fissato all'estremità d'una leva a gomito ABC, girevole intorno al perno B, l'altra estremità della leva porta un contrappeso C. Quando il livello dell'acqua si mantiene all'altezza conveniente nell'interno della caldaia, questo galleggiante preme — per l'intermezzo della leva — il turacciolo conico *a* contro l'apertura inferiore del tubo verticale *b*; ma se, per difetto d'alimentazione nella caldaia, l'acqua vi si abbassa, il galleggiante si abbassa anch'esso e quindi si abbassa anche il turacciolo *a*; allora il vapore, trovando un'uscita, penetra nel tubo *ab* che, superiormente, termina in una dirama

Fig. 74. Manometro metallico di Bourdon.

Fig. 75. Galleggiante e fischietto d'allarme.

zione anulare *co*; questo vapore, escente con gran forza dal foro anulare, si trova di fronte al campanello metallico *d* e lo fa vibrare. Codesta vibrazione produce quel fischio ben noto a quanti lo udirono pur una volta, fischio diventato ormai simbolo di progresso — o per lo meno di strada ferrata.

Tante precauzioni per mantenere regolare e costante l'alimentazione del generatore potrebbero sembrare superflue, considerando che quest'alimentazione succede in modo continuo, mercè una pompa messa in movimento dalla stessa macchina e che le dimensioni di questa pompa son già calcolate in guisa da introdurre continuamente nella caldaia tanta acqua quanta, di continuo, ne esce trasformata in vapore, dopo aver agito nell'interno del cilindro motore. Ma il giuoco di questa pompa può guastarsi, e tutti i mezzi che come abbiam detto sono a disposizione del meccanico, per riconoscere il livello dell'acqua, gli servono appunto per giudicare se la pompa funziona con la necessaria regolarità. Quando il meccanico vede che c'è troppa acqua in caldaia, egli arresta il movimento della pompa alimentare, sia staccando l'asta per mezzo della quale la pompa riceve il movimento dal bilanciere, sia chiudendo un robinetto applicato al tubo d'aspirazione; ristabilisce poi il movimento della pompa quando il livello dell'acqua sta per discendere sotto alla linea normale appositamente tracciata sull'esterno della caldaia.

In questi ultimi anni si diffuse nell'industria un nuovo ed ingegnosissimo apparecchio d'alimentazione automatica delle caldaie a vapore, in sostituzione delle pompe aspiranti-prementi esclusivamente dapprima impiegate. Questo nuovo apparecchio, che inietta l'acqua nell'interno della caldaia, è detto *iniettore Giffard* dal nome dell'inventore, e qui daremo i necessarii schiarimenti sul modo di agire veramente paradossale di questo ingegnosissimo apparecchio, comparso per la prima

volta alla Esposizione di Londra del 1862. Ed ecco anzitutto il principio teorico su cui osso si fonda: da un generatore affluisca un getto di vapore lungo un tubo, il quale si trovi in un qualche punto di sua lunghezza, e per mezzo di altro tubo, in comunicazione con un serbatoio d'acqua. Si verificherà quel fenomeno che l'italiano Venturi fu il primo ad osservare in idraulica, e fu da lui indicato col nome di *comunicazione laterale del moto;* l'acqua viene aspirata dal serbatoio al tubo, ed il getto liquido che si forma può conservare tale velocità da poter penetrare nello stesso generatore sotto il livello dell'acqua, vincendo la pressione interna. La fig. 76 dà una idea teorica dell'iniettore Giffard. Il vapore sviluppatosi nel generatore D esposto al fuoco, ascende nel tubo a gomito AM, giunge in B (vedi il particolare nella figura a sinistra) ed esce da un tubo coni-

Fig. 76. Principio fondamentale dell'iniettore Giffard.

co E. Il vapore, nell'attraversare il tratto BE con la considerevole velocità di cui è animato, produce un'aspirazione nel tubo discendente C che pesca nel serbatoio d'acqua fredda F. Quest'acqua a sua volta determina la condensazione di parte del vapore che passa per il tubo conico B, provocando così una specie di vuoto, e conseguentemente una nuova irruzione di vapore dal generatore D. E questo nuovo vapore spingerà innanzi l'acqua che era poco prima salita per il tubo C, e la spingerà con forza nella caldaia.

L'iniettore Giffard è bellissimo argomento in favore della teoria dinamica del calore, atto cioè a provare la trasformazione del calore in lavoro. Come avviene mai che quello stesso vapore il quale *sfugge di per sè* stesso e con tanto impeto *dalla caldaia, vi può* di li a poco e di per sè stesso *ritornare*, e *quel che* è più vi ritorna non solo, *ma iniettandovi fino a* 7000 litri d'acqua all'ora? *Per compiere questa* iniezione, è chiaro come *il sole, che si deve* sviluppare un considerevole *lavoro meccanico, quello* precisamente che si richiederebbe per elevare quell'acqua fino ad un'altezza tale, da poter vincere la pressione interna della caldaia, cioè a tante altezze di metri 10,33 quante sono le atmosfere di pressione effettiva che regnano nella caldaia. Eppure nissun organo si muove; il solo vapore esce dalla caldaia, aspira l'acqua e poi rientra con essa nella stessa caldaia di prima; chi farà dunque le spese di tanto lavoro? Senza la teoria meccanica del calore lo si

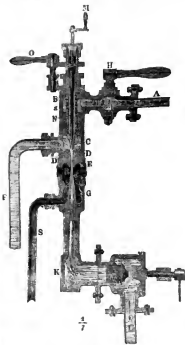



Fig. 77. Iniettore Giffard.

dovrebbe dire gratuito; e quanti vi vedrebbero la realizzazione del moto perpetuo! Ma poichè questo lavoro non può essere gratuitamente ottenuto, non altrimenti dovrà dirsi prodotto che da. getto di vapore in virtù del suo cangiamento di stato. Ed infatti è bensì vero che il vapore rientra nella caldaia e vi rientra coll'acqua; ma prima di rientrarvi la temperatura del vapore e quella dell'acqua fredda si sono modificate; ed il vapore si restituisce bensì alla caldaia, ma ad una temperatura di molto inferiore a quella di prima.

Dunque si cerchi nella teoria meccanica del calore la spiegazione del fenomeno della iniezione; e si vedrà che questo lavoro si compie a spese di una equivalente quantità di calore che sparendo si convertisce in lavoro.

La figura 77 rappresenta l'iniettore Giffard nei suoi più minuti particolari: A è il tubo comunicante con la caldaia; H un robinetto che è tenuto aperto o chiuso quando, rispettivamente, si vuol stabilire o sospendere l'alimentazione della caldaia; N è un turacciolo conico che si solleva nel primo caso e nel secondo si abbassa, girando il manubrio M; F è il tubo comunicante col serbatoio contenente l'acqua destinata all'alimentazione della caldaia: K ed L sono due tubi — l'uno in continuazione dell'altro — che conducono quest'acqua nell'interno della caldaia, ed S è un tubo per il quale si scarica l'acqua, se arriva in eccesso nella camera di condensazione dell'iniettore. — Per quanto si è già detto, si comprenderà facilmente che quando il robinetto H è aperto ed il turacciolo N è sollevato, il vapore uscito dalla caldaia, pel tubo A', tenterà di uscire per l'apertura conica C, provocherà l'aspirazione dell'acqua nel tubo F, questa penetrerà nella camera *b* e di là, pel tubo di scarico E K, giungerà in faccia alla valvola V — che cede alla pressione preponderante — la aprirà e si dirigerà nel tubo di alimentazione L.

Quest'apparecchio venne successivamente semplificato e modificato nelle sue parti, e diminuito nelle sue dimensioni, per opera segnatamente di Delpêche, di Hasweil, di Turk, ed ultimamente di Friedmann. E basti dire che mentre i primi iniettori Giffard avevano l'altezza di metri 1,360, l'iniettore Friedmann non ha più che l'altezza di metri 0,370.

Sullo stesso principio dell'iniettore furono costrutti apparecchi destinati ad elevare l'acqua, a produrre l'esgottamento nei battelli a vapore, ecc. Apparecchi consimili possono essere molto utilmente impiegati in circostanze speciali, quando cioè vi ha mezzo di utilizzare il calore comunicato all'acqua iniettata dal vapore impiegato; e sarebbero perciò convenientissimi negli stabilimenti dei bagni.

XXII.

CLASSIFICAZIONE DELLE MACCHINE A VAPORE.

Macchine a bassa, media ed alta pressione; con condensatore e senza condensatore; a semplice e a doppio effetto; a moto rettilineo alternato ed a moto circolare continuo. — Macchine stazionarie, locomobili, portatili, locomotive, macchine di navigazione. — Macchina di Watt a bassa pressione con condensatore. — Il *cassetto* di distribuzione del vapore. — Macchina ad alta pressione senza condensatore. — Macchina a cilindro orizzontale. — Macchina a cilindro oscillante. — Pompa a maglio a vapore. — Macchina a gran velocità. — La macchina Allan. — Consigli relativi alla scelta d'una buona motrice.

Passeremo ora ad esporvi la *classificazione delle macchine a vapore* e la succinta descrizione dei *varii sistemi* di macchine a vapore maggiormente in uso al presente.

La classificazione delle macchine a vapore (1) dipende: 1.° dal grado di pressione che il vapore deve normalmente raggiungere in esse; 2.° dall'esservi o no il condensatore; 3.° dall'impiego del vapore sopra una faccia sola ovvero su tutte due le facce dello stantuffo motore; 4.° dalla specie di movimento prodotto dalla macchina, ed infine, 5.° dal genere di servizio cui questa macchina è destinata.

A seconda del grado di pressione si distinguono le *macchine a bassa, a media e ad alta pressione*. Diconsi a *bassa pressione* quando la pressione, esercitata dal vapore sulla faccia dello stantuffo, è compresa fra $^1/_5$ ed un'atmosfera. Queste macchine sono necessariamente fornite di condensatore, sono quindi *macchine a condensazione*, poichè il vapore — attesa la debole pressione con cui agisce in queste macchine — non potrebbe scaricarsi rapidamente nell'atmosfera, dopo aver provocata l'oscillazione dello stantuffo motore, come pur sarebbe necessario se non vi fosse il condensatore. Diconsi a *media pressione* quando il vapore esercita una pressione che varia fra una e tre atmosfere. Nelle macchine ad *alta pressione* il vapore raggiunge talvolta la pressione corrispondente a dieci atmosfere. Si le macchine ad alta, come quelle a media pressione, possono essere provvedute o no di condensatore, possono utilizzare o meno l'*espansione del vapore*. L'uso spe-

(1) Vedi Cavallero, *Corso di letture tecniche normali sulle macchine motrici*, Torino, 1867 a pag. 13 e se

ciale a cui la macchina è destinata, o determinate circostanze locali, suggeriscono, a seconda del caso, l'impiego di una o di un'altra classe di macchine.

Una *macchina* a vapore dicesi *a semplice effetto* quando il vapore acqueo agisce sopra una sola delle due facce dello stantuffo; in tal caso, l'oscillazione inversa dello stantuffo è provocata da contrappesi o dalla pressione atmosferica.

Dicesi invece a *doppio effetto* quando il vapore preme alternatamente or una or l'altra faccia dello stantuffo. La massima parte delle macchine a vapore impiegate nell'industria sono a doppio effetto; quelle a semplice effetto sono impiegate con gran vantaggio solamente in alcuni casi speciali: per animare le pompe destinate all'estrazione dell'acqua, per sollevare i grandi magli nelle officine metallurgiche o per mettere in movimento qualche altra macchina-utensile.

Le macchine a vapore possono essere a moto *rettilineo alternato* od *a moto circolare continuo*. Sono animate di movimento rettilineo alternato quelle che pongono in movimento le pompe ed i magli a vapore summenzionati; sono a moto circolare continuo quelle impiegate a far andare i battelli, le locomotive ed i vari organi operatori nella più gran parte degli stabilimenti industriali.

Tra le macchine animate di moto circolare continuo, diconsi macchine a vapore *ad azione diretta* quelle in cui l'asta dello stantuffo del cilindro motore comunica direttamente il moto ad una manovella motrice col semplice mezzo di un nerbo, o *biella* di articolazione; diconsi invece *ad azione indiretta*, od *a bilanciere*, quelle in cui lo stantuffo comunica il moto all'estremità di un bilanciere per mezzo del parallelogrammo articolato. Nelle macchine ad azione diretta alcune volte il cilindro è girevole intorno ad un asse orizzontale, e la macchina dicesi allora a cilindro *oscillante*. Finalmente vi hanno macchine di sistema affatto speciale, e non ancora sufficientemente studiate, come quelle dette a *rotazione immediata*, nelle quali il vapore agisce sulle ali di una ruota racchiusa in una cassetta rotonda, e la fa girare sempre per uno stesso verso.

Per ultimo le *macchine a vapore* possono essere *fisse o stazionarie*, *portatili*, *locomobili*, *locomotive* e di *navigazione*. Macchine *fisse* son quelle collocate in modo stabile nelle officine e nelle manifatture; *locomobili* son quelle montate sopra un carro a quattro ruote, che possono essere quindi agevolmente trasportate da luogo a luogo. *Le macchine portatili*, dette pure *semifisse*, *diversificano dalle locomobili* poichè, in luogo d'*essere portate da un carro* a ruote, vengono semplicemente montate sopra un sostegno portatile. Le locomotive e le macchine per la navigazione sono impiegate per rimorchiare carichi lungo le ferrovie e sulla superficie delle acque, trasportando in pari tempo sè medesime.

Passiamo ora ad esaminare partitamente alcune di queste macchine.

La fig. 78 rappresenta una *macchina a bassa pressione con condensatore*: è un'elegante macchina di Watt, quale si costruisce presentemente.

Avvertiamo, che per maggior chiarezza le parti cave della macchina sono sezionate, si vedono cioè come comparirebbero all'occhio se fossero dimezzate con un piano verticale. La figura non mostra la caldaia; dopo quanto si è già detto, ogni lettore potrà ammettere che il vapore generatosi in una caldaia simile a quelle raffigurate a pagina 101 passi in un tubo che vada a finire nel tubo B. Quando sia aperta la valvola regolatrice C, il vapore giunto pel tubo B attraversa una capacità E C entro alla quale scorre in su ed in giù un apparecchio speciale, detto *cassetto*; il cassetto obbliga il vapore, proveniente, come abbiam detto, dalla caldaia, a passare ora nella capacità superiore ed ora nella capacità inferiore del cilindro A. Con la disposizione indicata nella figura, il vapore affluisce nella capacità inferiore del cilindro e perciò solleva lo stantuffo F. Questo stantuffo è sormontato da una verga o gambo R di metallo inflessibile, che, grazie alla *scatola stoppata* X, attraversa, a tenuta di vapore, il coperchio del cilindro. Il gambo R si solleva in linea retta, ma in virtù del parallelogramma articolato TSWU, questo movimento rettilineo del gambo si trasforma in movimento circolare e l'estremità S del bilancere S O ascende anch'essa, descrivendo un arco di cerchio. Questo bilanciere S O, sostenuto dalle due svelte colonnine che occupano il mezzo della nostra figura, può oscillare intorno al suo punto di mezzo, perciò all'ascesa dell'estremità S del bilanciere corrisponde la discesa dell'altra estremità O alla quale è congiunta, con snodatura, la verga rigida P, che dicesi *biella*; l'abbassamento dell'estremità O provoca necessariamente anche l'abbassamento della biella P, e quindi anche della *manovella* Q che ad un'estremità è articolata alla biella ed all'altra estremità è fissata ad un albero, od *asse*, sul quale è imperniata la gran ruota V — detta *volante* — che perciò incomincia a muoversi circolarmente. Come abbiam detto a suo tempo (a pag. 85-86) il volante ha l'ufficio di moderare il movimento della macchina quando è troppo rapido, o di accelerarlo, per qualche tempo, quando fosse troppo lento. Frattanto lo stantuffo F, spinto dal vapore, sarà giunto fino in sommità del cilindro, il vapore che occupava la capacità superiore del cilindro è passato nel condensatore, grazie all'ingegnosa disposizione del *cassetto*. Ma mentre lo stantuffo F sta per giungere al punto più alto del cilindro A, il *cassetto* — che è mosso automaticamente dalla macchina, come diremo fra non molto — si è abbassato, ed ha permesso al vapore, che continua ad affluire dalla caldaia, di passare nella capacità superiore del cilindro; la nuova posizione del cassetto permette in pari tempo al vapore, che occupava la capacità inferiore del cilindro, di scaricarsi nel condensatore. —

Per non complicare la figura non si è disegnato il tubo che conduce nel condensatore il vapore che ha già funzionato ora nella capacità superiore, ora nella capacità inferiore del cilindro A; però il lettore con la scorta delle figure 79 e 80, che descriveremo fra breve, potrà chiarirsi del come il vapore, che ha già servito, passi nel condensatore I, nel quale penetra continuamente, traverso il tubo K, una corrente d'acqua fredda: l'ingresso di quest'acqua è regolato da un robinetto N. La *pompa ad aria* J, destinata a sollevar l'acqua proveniente dalla condensazione del vapore e l'acqua riscaldatasi nel condensatore — per l'enorme quantità di calore sviluppatosi per quella condensazione — è messa in movimento dalla verga rigida L' che si stacca a snodadura dal punto di mezzo del lato U W del parallelogramma articolato; per tal guisa il movimento circolare alternativo del bilanciere provoca un mo-

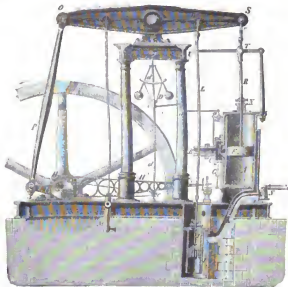



Fig. 78. Macchina a vapore con condensazione.

A cilindro a vapore; F stantuffo; X scattola stoppata: R asta dello stantuffo; STUW parallelogramma articolato; SO bilanciere; P biella; Q manovella; V volante; H eccentrico; H' asta dell'eccentrico; G asta del cassetto di distribuzione; B tubo del vapore proveniente dalla caldaia; C valvola regolatrice; E scattola di distribuzione; D regolatore a forza centrifuga; *b* anello mobile; *aa* leva a gomito; I condensatore; J pompa ad aria; K tubo per l'immissione d'acqua fredda nel condensatore; N robinetto regolatore; M pompa alimentare.

vimento rettilineo alternato di ascesa e discesa nel gambo L' che, come abbiam detto, anima lo stantuffo della pompa aspirante J. Dall'altro lato del bilanciere si stacca un'altra verga destinata a mettere in movimento una seconda pompa, la *pompa alimentare* M, che attinge acqua calda dal condensatore e la caccia entro alla caldaia a sostituirvi quella che, trasformatasi in vapore, penetra continuamente ora nella capacità superiore, ora nella capacità inferiore del cilindro, provocando rispettivamente la discesa o l'ascesa dello stantuffo motore F.

Mentre ci siam fermati ad esaminare i vari particolari della macchina, questo stantuffo non è rimasto immobile, ma si è abbassato pel vapore sopraggiunto nella capacità superiore del cilindro; si è poi rialzato per altro vapore introdottosi nella capacità inferiore — nel mentre il vapore che occupava la capacità superiore del cilindro è passato nel condensatore — e così lo stantuffo ha continuato a muoversi di moto rettilineo alternativo ed ha impresso definitivamente un moto circolare alternativo allo estremità S ed O del bilanciere — moto circolare alternativo che mercè la biella P e la manovella Q si è trasformato in moto continuo di rotazione del volante V impernato sull'asse cui è congiunta la manovella Q. Ottenuto questo moto rotatorio continuo riesce facilissimo, a qualsiasi meccanico, di

utilizzarlo come meglio gli talenta per far andare un industria qualsiasi. Per completare la descrizione vi rammenteremo che all'asse del volante è raccomandata una lune continua che imprime analogo movimento rotatorio ad un piccolo asse orizzontale sul quale è impernata una piccola ruota dentata *c*, questa ruota dentata *c* ingrana nei

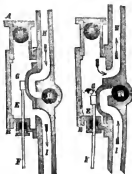



Fig. 79. Fig. 80.
Cassetto di distribuzione in due posizioni successive.

denti d'un rocchetto conico fissato stabilmente al piede della verga rigida *dd*, girevole intorno a due perni, l'uno al piede, l'altro alla sommità. Quando il movimente della macchina è troppo rapido, la *verga dd gira* assai rapidamente sopra sè stessa e provoca l'allontanamento delle due palle metalliche D (*vedi quanto abbiam già detto in proposito a pag. 86*), il sollevamento dell'*anello b*, il movimento delle leve a gomito *b a a* dal quale dipende la chiusura più o meno completa della *valvola* d'ammissione C che regola così la quantità di vapore che penetra nel cilindro.

A completare questa descrizione dobbiamo ancora spiegarvi l'ingegnoso apparecchio, detto *cassetto*, che serve alla distribuzione del vapore dichiarando in pari tempo l'ufficio dell' *eccentrico* H.

Le unite figure 79, 80 rappresentano con ogni particolare il *cassetto* — che nella figura 78 è rappresentato in CE — in due posizioni successive. Come si scorge in quest'ultima figura, il cassetto è collocato sul fianco del cilindro motore e corrisponde all'imboccatura dei due canali, l'uno ascendente, l'altro discendente, che mettono capo — rispettivamente — nella capacità superiore e nella capacità inferiore del cilindro.

Passiamo ora ad esaminare la figura 79; i due canali or menzionati, compariscono tagliati longitudinalmente; H è il canale ascendente, I il canale discendente; S e T rappresentano le sezioni traversali di due tubi; il tubo S conduce entro alla rapacità SE il vapore sviluppatosi nella caldaia; il tubo T parte dal fianco del cilindro e va nel condensatore. Ciò posto si comprenderà *facilmente* che, stando le cose come sono indicate nella fig. 79 il vapore che giunge per S dalla caldaia, trovando aperta la bocca del canale I, passerà direttamente nella capacità inferiore del cilindro e quindi obbligherà lo stantuffo a salire; nel tempo stesso, il vapore precedentemente introdotto nella capacità superiore del cilindro, trova aperta l'uscita del canale H che lo guida nel tubo T che, come abbiam detto, mette nel condensatore. Questa disposizione rende quindi possibile l'ascesa dello stantuffo motore. Vediamo ora come si ottenga la discesa col semplice spostamento del *cappello* G. La figura 80 mostra il *cappello* nella posizione inversa: il vapore che continua a sgorgare, dal tubo S, entro alla capacità SE trova chiuso l'adito del tubo I, ma trova aperto

Fig. 81. Eccentrico, tirante e leva a gomito.

il passaggio del canale H, traversa questo canale e si precipita nella capacità superiore del cilindro, preme lo stantuffo e lo obbliga a discendere, mentre il vapore dapprima introdotto nella capacità inferiore del cilindro, può liberamente uscire pel *canale I* e, passando quindi nel tubo T, va a scaricarsi nel condensatore.

Resta ora a *sapersi in* qual modo si può obbligare il *cappello G a scorrere su* e giù per coprire e scoprire ora l'*imboccatura del canale a*scendente, ora l'imboccatura del *canale discendente. A que*st'ufficio risponde l'eccentrico H' (*fig. 78*) *disegnato più part*icolarmente nella figura 81. Sull'*asse principale A — ch*e, mediante le indicate trasmissioni, riceve il movimento dello stantuffo motore, per poi trasmetterlo ai singoli organi operatori che devono essere animati dalla macchina — sull'asse principale A, è fissato un disco metallico E, il cui centro di figura non coincide col centro di figura dell'asse A, perciò corre una distanza variabile dal centro di quest'asse ai varii punti del perimetro del disco E, cui si dà il nome di *eccentrico*. Quest'ultimo è circondato da un anello K, dal quale partono due *tiranti* o verghe rigide convergenti, mantenute a distanza invariabile l'una dall'altra. Dal punto di incontro di queste due verghe parte una breve verga rigida orizzontale, unita a snodatura con una leva a gomito, gire-

vole intorno ad un perno fisso portato da un appoggio. L'altro braccio di questa leva a gomito termina con un occhiolo attraversato da un bottone. Un'asta rigida verticale si stacca ad angolo retto da questo bottone e va a collegarsi col *cappello* segnato G nelle fig. 79 e 80; l'asta rigida è segnata con G nella figura 78 e con FG nelle figure 79 e 80. In queste due figure si scorge anche la scattola stoppata B, che permette all'asta FG di penetrare a tenuta di vapore nella capacità SE.

Ciò posto, quando (fig. 81) il movimento di rotazione dell'albero A mette in movimento anche l'eccentrico E, questi, essendo obbligato a muoversi entro all'anello K, obbliga anche l'anello a muoversi circolarmente; il movimento circolare dell'anello K, si trasmette anche alle due verghe convergenti summenzionate e determina un movimento di va e vieni nell'asta rigida orizzontale che si diparte a destra dal punto d'incontro di quelle due verghe. Grazie alla snodatura che unisce la verga orizzontale con la leva a gomito, i due bracci della stessa — ruotando intorno al loro perno — occupano le posizioni indicate dalle punteggiate, l'occhiolo si abbassa, preme il bottone ed obbliga quindi ad abbassarsi anche l'asta verticale, che comanda il movimento del cappello G (fig. 79, 80), o questi si abbassa. Continuando la rotazione dell'albero A, la leva a gomito — ruotando sempre intorno al proprio perno — ritorna nella posizione primitiva: l'occhiolo si innalza, trae seco il bottone che obbliga a salire l'asta verticale e quindi anche il cappello G. Da questa connessione di movimenti risulta — come ben si comprende — che ad ogni movimento d'ascesa e discesa dello stantuffo F (fig. 78) corrisponde un completo giro del volante V ed un'ascesa e discesa del cappello G. Questi tre movimenti sono collegati in modo tale che l'uno di essi non può verificarsi senza provocare necessariamente gli altri due.

Fig. 82. Eccentrico per l'espansione.

L'eccentrico da noi descritto è della forma più semplice, però l'impiego del medesimo trae seco alcuni inconvenienti derivanti dalla velocità variabile con cui si muove il cappello durante la sua corsa ascendente o discendente. Variando opportunamente la forma dell'eccentrico si può obbligare il cappello a muoversi — sì nell'ascesa come nella discesa — con quella velocità che più si desidera. Quando si vuol utilizzare l'espansione del vapore si assegna all'eccentrico forma appropriata al genere d'espansione che si desidera, così si può chiudere il canale per cui il vapore penetra or nell'una or nell'altra capacità del cilindro, nell'istante in cui lo stantuffo ha compiuto, ad esempio, un terzo, un quarto, un quinto, ecc., della sua corsa. La fig. 82 rappresenta un eccentrico appropriato a provocare l'espansione del vapore nell'interno del cilindro. In tal caso il disco dell'eccentrico è obbligato a muoversi lambendo costantemente il contorno di due cilindretti od assi girevoli fissati a quella tal verga che provoca il movimento della leva a gomito, che è poi la causa dell'alternata ascesa e discesa del cappello.

In alcuni casi l'apparecchio di distribuzione del vapore è ancor più complicato, componendosi di due *cappelli* sovrapposti, ciascuno dei quali è animato di moto indipendente. Uno di questi due *cappelli* serve unicamente a regolare l'ingresso del vapore nelle due capacità del cilindro, l'altro regola l'espansione; il descriverli minutamente ci devierebbe di troppo dal nostro programma.

Nelle *macchine a vapore ad alta pressione*, *senza condensatore*, il vapore che ha funzionato nel cilindro per provocare l'ascesa o la discesa

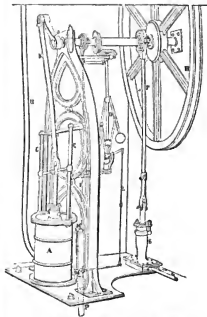



Fig. 83. Macchina a vapore ad alta pressione.

dello stantuffo, si scarica direttamente nell'atmosfera. Perciò, a pari forza, queste macchine consumano maggior quantità di vapore, richiedono maggior combustibile e quindi maggiore spesa giornaliera per mantenerle in attività. Tuttavia esse presentano un notevole vantaggio rispetto alle macchine fornite di condensatore; hanno meccanismo molto più semplice e quindi sono meno costose, domandano pochissimo spazio e possono funzionare anche dove non sia disponible la corrente d'acqua fredda richiesta dalle macchine a condensatore.

Nelle macchine ad alta pressione, si sopprime il più delle volte il bilancere, si ottiene la trasformazione del movimento rettilineo di va o vieni

dello stantuffo, in movimento circolare continuo dell'albero motore, congiungendo direttamente, mediante una biella, l'estremità superiore del gambo dello stantuffo con l'estremità della manovella applicata all'albero motore; per impedire poi che il gambo dello stantuffo possa inflettersi, per la resistenza obliqua che esso incontra nell'imprimere il movimento alla biella, si obbliga quel gambo a muoversi frammezzo a due guide inflessibili indicate in CC nella fig. 83 che rappresenta una macchina ad alta pressione senza condensatore.

La figura 84 rappresenta un altro modello della stessa macchina; per maggior chiarezza il cilindro è sezionato pel mezzo con un piano verticale ed è tolta una delle due guide *c* fra le quali è obbligato a scorrere il gambo dello stantuffo; pello stesso motivo non si vede che una sola — quella a destra — delle due colonnine di metallo che *sostengono l'estremità destra* dell'albero motore EF, l'estremità *sinistra di questo* albero è sorretta da un massiccio *di muratura. Ciò posto* si comprenderà facilmente il giuoco *di questa macchina: il* vapor acqueo proveniente da un *generatore — che, non* si vede nella nostra figura — *ascende nel tubo a, e* quando la valvola b è aperta, traversa il *cassetto* di distribuzione *del vapore* e penetra nella capacità superiore del cilindro *A, mentre il* vapore che già occupava la capacità *inferiore* di quel cilindro, passa nel *cassetto*, penetra nella capacità indicata con T nelle figure. 79 e 80, passa quindi nel tubo c per scaricarsi poscia nell'aria. In tali condizioni, lo stantuffo si abbassa; obbliga ad abbassarsi anche il gambo B, la biella C e la manovella D; questa imprime necessariamente un movimento di rotazione all'albero EF, sul quale è imperniato il massiccio volante GG; il movimento rotatorio di questo albero è utilizzato sia direttamente, sia mediante cingoli o mediante ingranaggi, per far andare una determinata industria, per effettuare qualche lavoro. Le ruote coniche H e K trasmettono il movimento rotatorio di quell'albero al regolatore a forza centrifuga MM; l'alzarsi o l'abbassarsi delle due palle M — provocato dalla forza centrifuga — determina la chiusura o l'apertura, più o meno completa, della valvola *b* che regola l'ammissione del vapore nel cilindro; — il movimento rotatorio dell'albero EF mette in movimento anche l'eccentrico E dal quale discende un'asta congiunta ad articolazione col gambo rigido che provoca l'alternato movimento di ascesa e di discesa del cassetto di distribuzione del vapore; — l'altro eccentrico F — — fissato del pari sull'albero EF — mette in movimento il gambo N della pompa d'alimentazione P che attinge l'acqua da un serbatoio e la spinge nella caldaia. Per utilizzare, almeno in parte, il vapor acqueo che ha già servito a provocare l'oscillazione dello stantuffo motore, si obbliga il prolungamento del tubo c ad attraversare il serbatoio contenente l'acqua destinata all'alimentazione della caldaia, così quest'acqua subisce un primo riscaldamento prima ancora di giungere nell'interno della caldaia, il che — come ben si comprende — produce economia di combustibile e quindi diminuzione di spesa.

Fig. 84. Macchina a vapore ad alta pressione.

a tubo conduttore del vapore, b valvola di ammissione; A cilindro, B asta dello stantuffo, c tubo di scarico, C biella, D manovella, E eccentrico per la distribuzione del vapore; MM regolatore a forza centrifuga; F eccentrico della pompa d'alimentazione P, GG volante.

Fino ad ora abbiam parlato di macchine a vapore nelle quali il cilindro è sempre verticale: in molti casi, specialmente nella piccola industria, riescono più comode *le macchine a vapore col cilindro orizzontale*. Queste macchine hanno il pregio di poter essere collocate anche in locali di mediocre altezza, di richiedere tenne spesa d'impianto e di poter essere continuamente sorvegliate dal meccanico, che senza fatica alcuna può esaminarne i singoli organi.

La figura 85 rappresenta una di queste macchine; per maggior chiarezza il cilindro è sezionato longitudinalmente. Quando i singoli organi occupano la posizione indicata in questa figura, il vapore che viene dalla caldaia penetra nella capacità *destra* del cilindro, mentre il vapore precedentemente introdotto — nella capacità *sinistra* del cilindro — passa nel cappello, penetra nella capacità sottostante, dalla quale parte un tubo che lo scarica nell'atmosfera, come si è detto per la macchina rappresentata dalla figura 84. In queste condizioni lo stantuffo compie la sua corsa da *destra verso sinistra*; il gambo connesso a questo stantuffo traversa, a tenuta di vapore, il coperchio sinistro del cilindro; l'estremità del gambo — obbligata a muoversi fra due guide orizzontali del tutto analoghe alle guide verticali CC (figura 84), — è articolata ad una biella che provoca il movimento della manovella fissata sull'asse od albero che porta il volante. L'eccentrico, messo in movimento da quest'albero, provoca un continuo moto orizzontale di va e vieni nel cassetto di distribuzione del vapore, e così, non appena lo stantuffo giunge in prossimità al fondo sinistro del cilindro, il cappello — che ha cangiata posizione — guida il vapore nella capacità sinistra e nel tempo stesso permette l'uscita del vapore precedentemente introdotto nella capacità destra del cilindro; lo

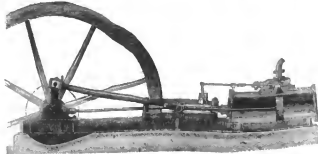



Fig. 85. Macchina a vapore a cilindro orizzontale.

stantuffo si muove quindi da *sinistra verso destra* per poi oscillare nuovamente nell'opposta direzione. Queste oscillazioni dello stantuffo — che si compiono in assai minor tempo di quello da noi impiegato a descriverle — si ripetono senza tregua ed imprimono quindi un continuo moto rotatorio all'asse od albero che poi lo trasmette ai varii organi operatori.

In alcuni casi torna conveniente l'impiego di *macchine a vapore a cilindro oscillante*; in queste si sopprime la biella e si congiunge, con articolazione e snodatura, l'estremità del gambo dello stantuffo con l'estremità della manovella fissata, come nelle macchine già descritte, sull'albero motore. Per ottenere, ad onta della soppressione della biella, la necessaria trasformazione del moto rettilineo di va e vieni del gambo dello stantuffo, in moto circolare continuo dell'albero od asse della macchina, convenne render mobile il cilindro, in guisa che il gambo dello stantuffo, pur mantenendosi rigido e nella direzione dell'asse del cilindro, provoca il moto circolare dell'estremità della manovella. Si raggiunge l'intento appoggiando il cilindro sopra due perni, che corrispondono a metà altezza del cilindro; quest'ultimo oscilla quindi ora a destra ora a sinistra come un pendolo. Siccome, quando il cilindro è in movimento, questi due perni sono le sole parti immobili del sistema, così convenne render cavi quei due perni, che son quindi le estremità di due tubi; il vapore giunge dal cilindro nella caldaia attraverso uno dei due perni, mette in movimento lo stantuffo ed esce quindi pel canale praticato nell'altro perno, che sta dall'altra parte del cilindro. Il cassetto di distribuzione del vapore, collocato lateralmente al cilindro, segue quest'ultimo nei suoi movimenti.

Queste macchine a cilindro oscillante presentano un grave inconveniente: la poca durata dei perni che devono sostenere tutto il peso e gli urti della macchina. Tuttavia il vantaggio non indifferente di richiedere uno spazio minimo fa adottare queste macchine ogni qualvolta la ri-

strettezza dello spazio disponibile non permetterebbe di impiegar macchine sia a cilindro verticale (fig. 84), sia a cilindro orizzontale (fig. 85).

Queste macchine sono perciò specialmente impiegate per la navigazione poichè, come ben si comprende, quanto più piccolo è lo spazio occupato dalla macchina tanto più grande risulta lo spazio disponibile pel viaggiatori e per le merci.

Le unite fig. 86 e 87 rappresentano una macchina a cilindri oscillanti, quale è in uso nella navigazione. In questa *macchina*, che perciò appunto dicesi *a cilindri gemelli*, i cilindri sono due, come si scorge nella fig. 86 che rappresenta la macchina veduta di fronte.

Il vapore, sviluppatosi nella caldaia, passa in un tubo che si biforca in due rami, l'uno di questi corre a destra, l'altro a sinistra, entrambi piegano a gomito e penetrano nei fianchi dei due cilindri motori AA; la nostra figura rappresenta in aa l'ultimo tratto di questi due tubi, che per maggior chiarezza sono sezionati traversalmente. L'estremità del gambo di ciascuno dei due stantuffi è attraversata da robusto perno fissato sui capi delle due manovelle gemelle BC, che — attesa l'oscillazione del cilindro — si muovono circolarmente ed imprimono continuo moto circolare all'albero od asse DD sul quale sono fissate le due ruote motrici del battello a vapore. Lateralmente a ciascuno dei due cilindri vedesi in G la cassetta di distribuzione del vapore, ciascuno dei due cappelli distributori è mosso da un eccentrico H fissato sull'albero DD. Il condensatore è raffigurato in E; F è la pompa ad aria che estrae l'acqua prodotta dalla condensazione del vapore unitamente a quella riscaldatasi in causa di questa condensazione. Il gambo di questa pompa è articolato a due manovelle gemelle che si staccano dal mezzo dell'albero motore DD. Le leva LL vengono manovrate dal meccanico quando vuol sopprimere o ristabilire l'azione delle aste che dipendono dagli eccentrici HH, i quali, come abbiam detto, comandano la distribuzione del vapore nei due cilindri AA. Le leve $l_1 l_1$, convenientemente manovrate dal meccanico, servono a far variare, a piacere, la predetta distribuzione. L'acqua estratta dalla pompa ad aria passa nei due tubi di scarico KK che attraversano le pareti della nave — l'uno sul fianco destro, l'altro sul fianco sinistro. In LLLL si veggono quattro pompe, che vengon messe in movimento dalla stessa macchina. Due di queste pompe servono all'alimentazione della caldaia, le altre due a pompar l'acqua dalla stiva. Per ultimo, MM è un robusto telaio rettangolare, di metallo, che circonda la macchina ed impedisce l'avvicinarsi degli incauti che potrebbero altrimenti rimaner colpiti dall'oscillazione del gambo dello stantuffo o dal movimento circolare della manovella.

Fig. 86. Macchina a cilindri oscillanti, per battelli a vapore, veduta di fronte.

Le *macchine rotatorie* sono costrutte in modo da eliminare gli organi intermedii fra l'organo che riceve la forza del vapore e l'organo che la utilizza per uno scopo determinato. Anzichè far agire il vapore entro ad un cilindro cavo provveduto di stantuffo, munito alla sua volta d'un gambo alla cui estremità è articolata una biella, alla quale è collegato il bilancere e così via, si collocò tutto l'apparecchio motore sull'albero della macchina, sopprimendo in tal guisa tutti gli organi intermedii.

Diremo brevemente in qual modo si potè raggiungere questo scopo. Al cilindro si sostituì un tamburo sull'asse del quale è impernato l'albero motore. Allo stantuffo si sostituì una pala fissata su quest'albero. Il vapore entra dalla caldaia nel tamburo, per una fessura longitudinale, spinge la pala che perciò è obbligata a muoversi circolarmente ed imprime quindi un movimento di rotazione all'albero motore sul quale essa è fissata. Il vapore che ha già funzionato passa nel condensatore, attraversando un'altra fessura longitudinale, praticata, come la precedente, nella parete del tamburo; due valvole a cassetto, opportunamente disposte lungo quelle fessure, regolano l'una l'ammissione del vapore, l'altra lo scarico.

Il primo concetto delle macchine rotatorie spetta a Watt che lo dichiarò esplicitamente nell'articolo quinto del suo primo brevetto.

Però queste macchine, che da principio sembrava dovessero operare una vera rivoluzione nel modo d'impiego del vapore, non corrisposero all'aspettativa. Le macchine rotatorie fino ad ora costrutte presentano un gravissimo inconveniente: richiedono ingente spesa di combustibile, consumano cioè da otto a dieci chilogrammi di carbon fossile per cavallo, per ora o cavallo vapore. Quantitativo che supera di gran lunga le perdite che si possono attualmente tollerare nell'impiego delle macchine a vapore. Si riescirà forse un giorno a costruire buone macchine rotatorie; ma ad ogni modo, dal punto di vista teorico non vi potrà essere alcun vantaggio. Si pretende che una macchina a movimento diretto utilizzi la forza meglio d'una macchina con biella e manovella. Non è vero: la macchina a movimento alternato trasmette tutta quanta la sua forza al bottone della manovella, astrazion fatta dal piccolo attrito. Il sistema rotatorio diverrebbe vantaggioso quando i costruttori riescissero a rendere meno dispendiose le nuove macchine, semplificandone gli organi, riducendone il volume ed il peso; mentre le macchine rotatorie fino ad ora costrutte sono più complicate delle altre, e producono minor effetto utile.

Da qualche tempo un nuovo ed importante principio va estendendosi nella pratica industriale; vogliam dire l'impiego di macchine a vapore a *grande velocità*.

Queste macchine, come dice l'egregio prof. Colombo (1), presentano dei vantaggi che non si potrebbero conseguire con le macchine dotate di velocità ordinaria, non superiore ad un metro al minuto secondo. Una macchina a gran velocità può, a pari forza e grazie all'aumento di velocità, subire riduzione di volume e quindi anche di peso. Aggiungi poi che la gran velocità provoca movimento tanto uniforme quanto non si potrebbe ottenerlo nelle macchine ordinarie anche aumentando il peso del volante. Tutta la macchina fa da volante: il quale allora ha un ufficio relativamente secondario e non pesa più con tutta la sua massa sui sostegni dell'albero motore. La riduzione di peso e di volume e la grande regolarità di movimento non son piccoli vantaggi: in molti casi essi sono anzi vantaggi di capitale importanza; il peso ed il volume di una motrice sono sempre di ostacolo o per lo meno di imbarazzo: ma nella navigazione a vapore, per esempio, posson diventare un serio inconveniente. Il problema della navigazione aerea non dipende forse che da una cosa sola, la possibilità di avere un motore leggerissimo, in confronto alla forza che esso fornisce; ora questo motore, al presente, non c'è, e la soluzione del grande problema rimane, almeno per ora, impossibile. — Ora, a mo-

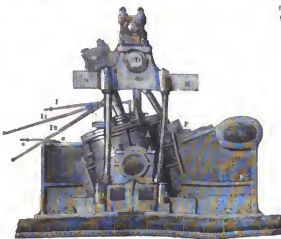



Fig. 87. Macchina a cilindri oscillanti, per battelli a vapore, veduta di fianco.

(1) Vedi L'Annuario Scientifico ed Industriale, anno quarto, Milano 1868, all'articolo Meccanica e Industria, del Prof. Ing. G. Colombo, a pag. 500 e seguenti.

strare quanto contribuisca l'aumento di velocità a ridurre il volume di una macchina a vapore, basta considerare la macchina a gran velocità dell'americano Allen, che figurava all'Esposizione Universale del 1867; questa macchina ha uno stantuffo di circa 30 centimetri di diametro, e 60 centimetri di corsa, e che funziona a poco più di 4 atmosfere di pressione. Or bene, questa macchina ha 100 cavalli di forza; una macchina fissa, ordinaria, delle stesse dimensioni e funzionante colla stessa pressione iniziale e con lo stesso grado di espansione, non avrebbe più di 15 a 20 cavalli di forza. Una motrice Allen terrebbe, a pari forza, la decima parte dello spazio che occupa una macchina ordinaria di navigazione. Grazie alla riduzione di peso realizzata col sistema Allen, la citata macchina della forza di 100 cavalli pesa soltanto 3000 chilogrammi (30 chilogr. per cavallo), e fu venduta per il prezzo di 11,250 franchi alla ditta Ducommun di Mulhouse conosciutissima per le sue eccellenti macchine-utensili. Il prezzo di acquisto di una grande motrice per un opificio sarebbe dunque ridotto a poco più di 100 franchi per cavallo, la quarta parte del costo ordinario. Quanto al vantaggio della regolarità assai maggiore, lo si concepisce a prima vista. Per avere una grande regolarità, alcune industrie, come le filature, sono costrette a rassegnarsi alle pesanti, costose e ingombranti macchine a bilancere, nelle quali l'uniformità del movimento è ottenuta a forza di peso delle masse in moto: tutta questa massa di ghisa diventerebbe inutile adottando le grandi velocità della macchina Allen.

Per raggiungere e mantenere una velocità così grande come è quella di 4 metri al secondo, bisogna dare a tutti gli organi della macchina disposizioni particolari! La macchina Allen presenta infatti disposizioni e forme ingegnosissime in tutte le sue parti, noi però dobbiam rinunciare a descriverle noi consentendoci i limiti di questo scritto.

Chiuderemo questo lungo capitolo riferendo un saggio consiglio dello stesso prof. G. Colombo relativo alla scelta di una buona motrice (1).

« La questione di una buona motrice, dotata di movimento dolce e regolare, poco soggetta a deteriorarsi rapidamente, che permetta di spingere ad alto grado l'espansione ed economizzi molto il combustibile, è per l'industriale una questione di vitale interesse. Un industriale che ha bisogno, poniamo, di una forza di 100 cavalli, deve consumare in media cinque tonnellate di carbon fossile al giorno di 12 ore, che, a Milano, rappresentano una somma di 300 franchi. Una cattiva motrice potrà fargliene spendere invece più di 400, e una buona macchina non richiederà una spesa molto superiore a 200 franchi. È dunque un'economia netta di 100 franchi al giorno che egli può ritrarre dalle cure e dalle precauzioni con cui egli ha saputo scegliere il motore del suo opificio. Ora v'hanno criterii facilissimi per guidarsi in questa scelta: le macchine veramente buone e che anche appaion tali quando se ne studia il meccanismo e la distribuzione, sono ben presto fatte conoscere al pubblico non solo dal costruttore che vi è interessato; ma da quelli stessi che se ne servono: si conosce il consumo normale di combustibile delle motrici fornite da un dato costruttore con tanta prossimità al vero quanta se ne avrebbe esperimentando le macchine stesse. Il preferire, per esempio, le macchine inglesi, soltanto perchè sono inglesi, non è sempre giusto; bisogna anche dar retta all'eloquenza delle cifre, e regolarsi in conseguenza anche se esse risultano contrarie alle proprie convinzioni. Diciamo queste parole per rettificare una certa prevenzione che spesso si trova nei nostri industriali contro le motrici francesi: le quali invece, da alcuni anni al presente hanno fatto un sensibilissimo progresso e possono vantaggiosamente sostenere la concorrenza con le macchine inglesi, come si è cominciato anche a convincersene perfino in Inghilterra, dove l'Esposizione del 1867 ha sparso un allarme certamente giustificato dalle cose.

« In Inghilterra non si è mai pensato molto seriamente alla questione dell'economia del combustibile, nella costruzione di macchine a vapore. Nelle località ove si trovano le miniere, come a Manchester e a Newcastle, il carbon fossile costa pochi scellini alla tonnellata, nel resto dell'Inghilterra il prezzo ne è appena raddoppiato dai trasporti. Quindi il combustibile costa in Inghilterra la metà di quanto costa in Francia ed un quarto di quanto costa da noi, perciò esso è un elemento di poca importanza rispetto, per esempio, al prezzo delle mercedi che invece vi è assai elevato; d'onde consegue la poca attenzione prestata al perfezionamento delle motrici a vapore. Vi contribuisce anche la limitatissima educazione scientifica e tecnica della generalità degli industriali e dei costruttori ed il rispetto quasi esagerato dei tipi e delle forme tradizionali. Per noi, in tutte le ultime Esposizioni, le macchine a vapore inglesi non hanno mai insegnato nulla di nuovo e non si son mai fatte rimarcare per altro che per un'esecuzione straordinariamente accurata e perfetta. Ma, mentre si ammira la finitezza del lavoro e la dolcezza del movimento, che sono pur causa di una certa economia di combustibile, non si può a meno, vedendole, di restar sorpresi della poca novità specialmente nei sistema di distribuzione; e molto più quando le si confrontano colle macchine francesi, nelle quali, se è difficile di riscontrare un lavoro di pari perfezione, si vede per lo meno uno studio profondo delle condizioni migliori in cui deve lavorare il vapore ed il risultato dei continui tentativi fatti, con più o meno grande successo, per realizzarle.

« Questi tentativi hanno condotto, com'è naturale, alcuni costruttori francesi ad ideare e a fornire delle motrici, le quali sono assolutamente eccellenti ed in cui il consumo di combustibile è ridotto al minimo consentito dalle forme attuali della motrice a vapore. Non vi son macchine, qualunque ne sia il costruttore ed il sistema, che giungano a

(1) Vedi il citato ANNUARIO a pag. 535.

bruciare meno d'un chilogrammo e mezzo di carbon fossile per cavallo e per ora come le macchine della casa Farcot; o questo è il loro più grande elogio; anzi l'unico elogio che si possa attribuire ad una macchina a vapore. Gl'Inglesi avevano sempre considerato sdegnosamente queste macchine che si andavano studiando in Francia ed assistevano con indifferenza al progresso che vi si andava svolgendo; ma adesso hanno compreso l'errore della loro condotta, ed hanno incominciato a sospettare che l'economia del combustibile sia qualche cosa che non meriti di essere disprezzata anche colle vantaggiose condizioni fatte loro dalle miniere di carbon fossile; e che esso possa entrare per qualche cosa nell'attiva e spesso fortunata concorrenza che fanno loro i costruttori del continente, non solo sui mercati esteri, ma perfino nel loro stesso paese. Le pubblicazioni periodiche inglesi di carattere tecnico non fanno altro che parlare, dall'Esposizione in poi, di questo argomento; ed è universale l'eccitamento degli industriali e vivissimi i propositi che vi si fanno di approfondire, con più scienza e meno empirismo, la questione della miglior costruzione delle macchine a vapore, abbandonando, ove occorre, i tipi consecrati dall'uso e che non possono a meno di restare indietro, in mezzo al progresso generale delle industrie meccaniche. »

XXIII.

MACCHINE SPECIALI MOSSE DIRETTAMENTE DALLA FORZA DEL VAPORE.

Le trombe a vapore per il sollevamento dell'acqua. — Le trombe a vapore per gli incendii e l'assedio di Parigi. — I magli a vapore, le gru a vapore, i battipali a vapore, ecc.

Come primo esempio di applicazione diretta della forza del vapore ad esclusivo servizio di una macchina speciale citeremo le trombe a vapore per il sollevamento dell'acqua.

La figura 88 rappresenta una pompa a vapore, a semplice effetto, per l'estrazione dell'acqua dal fondo delle miniere. Tutti gli organi di trasmissione, esistenti nelle macchine a vapore da noi descritte fino ad ora, sono soppressi; la forza del vapore è direttamente utilizzata a sollevare lo stantuffo al cui gambo è direttamente congiunta l'asta della pompa d'estrazione.

Il cilindro motore A, sostenuto da due travi di metallo — che veggonsi, sezionate, in EE — trovasi precisamente sulla bocca del pozzo d'estrazione. Il vapore generatosi nella caldaia, penetra pel tubo H entro al cilindro: preme dal sotto in su lo stantuffo motore B e lo spinge fino al sommo della sua corsa. Quando lo stantuffo occupa quella posizione, la valvola di ammissione è chiusa e la valvola di scarico si apre; il vapore trovando aperta questa valvola — che nella nostra figura rimane nascosta dall'apparecchio H, che regola l'ammissione — esce dal cilindro e sale nel tubo K per scaricarsi poi nell'atmosfera; da questo tubo si stacca lateralmente il tubo L che mantiene uno strato di vapore — alla tensione d'una sola atmosfera — fra la faccia superiore dello stantuffo e la faccia inferiore del coperchio del cilindro: quello strato di vapore impedisce il raffreddamento dello stantuffo e del cilindro, raffreddamento che, per quanto sappiamo, produrrebbe un inutile consumo di vapore; dalla faccia inferiore dello stantuffo B si stacca il gambo C, alla cui estremità inferiore — che attraversa, a tenuta di vapore, il fondo del cilindro — è fissata l'asta F che discende giù giù nel pozzo della miniera e termina allo stantuffo della pompa. Ecco dunque che lo stantuffo B, sollevandosi, solleva pure l'asta F e quindi anche lo stantuffo della pompa che sta in fondo al pozzo della miniera; il sollevarsi di questo stantuffo provoca infine il sollevamento dell'acqua. Al termine d'ogni corsa ascendente, il vapore, che ha già funzionato, passa dal cilindro nell'atmosfera, ed allora questa esercita eguale pressione tanto sulla faccia superiore quanto sulla faccia inferiore dello stantuffo; tuttavia quest'ultimo discende in virtù del proprio peso, del peso del gambo C e della lunga asta F. Quando lo stantuffo sta per toccare il fondo del cilindro, il vapore ricomincia ad entrare in quest'ultimo, risolleva lo stantuffo che sale fino al punto più alto della sua corsa, ridiscende ed acquista per conseguenza il necessario movimento di va e vieni. Come il lettore avrà già immaginato, anche questa macchina regola da sè l'ingresso o l'uscita del vapore nel cilindro e provvede da sè all'alimentazione della caldaia. Si raggiungono questi due corpi, congiungendo, con una biella cm, la sommità c dell'asta F con l'estremità m del bilancere mn che ruota intorno al perno n portato da apposito sostegno. Come ben si comprende, la biella cm è articolata in c ed in m, perciò il continuo movimento di ascesa e di discesa dell'asta F produce un movimento alternato di ascesa o di discesa — per archi circolari, aventi il centro in n — del bilancere mn. Da quest'ultimo si staccano, ad articolazione, le due aste rigide NN ed O; l'asta NN guidata da un collare S — portato da un braccio orizzontale — regola l'ammissione e lo scarico del vapore, l'asta O mette in movimento la pompa alimentare.

Una seconda importantissima applicazione speciale del vapore al sollevamento dell'acqua l'ab..

biamo nelle trombe a vapore per la estinzione degli incendii. L'uso di queste trombe non è ancor molto esteso in Italia, abbenchè nissuno possa oramai ignorare i prodigiosi servizi che questi apparecchi somministrano, e specialmente nelle grandi città. Vuolsi però notare, che la loro invenzione è tra quelle che debbono ancor dirsi recenti. Pare infatti che siasi avuta agli Stati Uniti di America, se non la prima idea (che dai francesi vorrebbesi dovuta ad Hubert), certo una prima applicazione veramente industriale, e sarebbero i sigg. Lee e Lesrned di Nuova Yorck gli inventori del così detto tipo americano, il quale comparve per la prima volta a Londra all'Esposizione del 1862.

La successiva Esposizione di Parigi diè a divedere che questa nuova applicazione del vapore aveva fatto nel frattempo non poco progresso anche in Europa, poichè parecchi costruttori, alcuni dei quali francesi, ed i più inglesi, vi inviarono i loro modelli. E questi funzionarono alla vista del pubblico, e furono assoggettati ad esperienze comparative, i cui risultati destarono tanto interesse da invogliare la città di Liona a procurarsene un modello per prova. I risultati ottenuti dalla tromba inglese di Merryweather riuscirono possibilmente superiori a quelli degli altri tipi; con una di esse di granda modello si riuscì infatti a lanciare a ben 30 metri di altezza un getto d'acqua di 45 millimetri di diametro, e per parecchie ore di seguito, senza la menoma interruzione. La tromba propriamente detta, la macchina motrice ed il generatore del vapore si trovano insieme riuniti sul medesimo carro. La caldaia è verticale, con molti tubi discendenti verticalmente intorno al focolare, e chiusi all'estremità inferiore, ossia del sistema Field dal nome di chi li ha per primo adoperati. La caldaia è provata a 17 atmosfere; si trova compresa fra un robusto telaio di ferro, e coll'intermezzo di molle d'acciaio è sostenuta direttamente dalle due grandi ruote posteriori. Sul davanti del carro si ha, portato sulle due ruote minori, un avantreno snodato che permette agli uomini od ai cavalli di far comodamente voltare la macchina, anche nelle viuzze più strette.

Il cilindro motore ed il corpo di tromba stanno l'un di seguito all'altro orizzontalmente distesi sul telaio del carro, e si trasmettono il movimento in modo affatto diretto, senza bisogno di manovelle, di eccentrici e di volanti. La tromba è a doppio effetto cioè aspirante e premente, e le custodie delle valvole permettono l'uso di acque impure e limacciose.

Sul cilindro motore e sulla tromba stanno avvolti su loro stessi tutti i tubi di tela per l'ascesa dell'acqua e lateralmente si attaccano gli ugelli, o lancie, ed altri utensili. Superiormente ancora vi ha una banchetta da sedere per i pompieri. Sul di dietro della macchina, dinanzi alla porta del focolare, sporge alquanto una piattaforma per il macchinista ed il fuochista, e riesce così possibile di mettere la caldaia in pressione mentre la macchina si reca sul luogo dell'incendio. V'ha eziandio la cassa del carbone ed il serbatoio dell'acqua per l'alimentazione della caldaia; essa compiesi d'ordinario coll'iniettore Giffard.

Fig. 88. Pompa a vapore ad azione diretta.

Vuolsi essenzialmente notare in queste macchine la estrema leggerezza. E basti dire che vi ha un modello del solo peso di 1265 chilogr. il quale raggiunge la forza di 35 cavalli-vapore, ossia presso a poco di tre cavalli per ogni 100 chilogr. di peso. Le trombe a vapore che servirono alla difesa di Parigi durante l'assedio non erano tutte di eguale potenza.

La tromba N. 1 gettava fino a 2400 litri per minuto
» » 2 » 1900 »
» » 3 » 1700 »
» » 4 » 1300 »
» » 5 » 1000 »
» » 6 » 900 »

Il getto raggiunge l'altezza di 40 a 45 metri, ed estendesi orizzontalmente da 45 a 50 metri. Ciascuna tromba ha due grandi bocche di getto: coll'agginstarvi tubulature speciali suddividentisi in due o più bocche minori, si possono avere colla stessa macchina quattro o più getti; che anzi colle trombe N. 1, 2, 3 si possono alimentare ben otto altre trombe ordinarie, o mosse a mano, a 500 e più metri di distanza.

Ora però che si hanno per estinguere gli incendii le trombe a vapore di tanta potenza, è ben naturale si pensi in che modo sarà possibile nella maggior parte dei casi lo alimentarle d'acqua a sufficienza. A Parigi, per esempio, non potevano funzionare che in vicinanza della Senna o del Canale. In Inghilterra, dove l'uso di simili trombe è molto più esteso, si son fatte sul ramo principale delle condotte intubate alcune prese speciali con una sola grande valvola, aperta la quale l'acqua vien tosto versandosi a livello del suolo, ed è ricevuta in un'ampia vasca di tela rinforzata; essa vi penetra dal bel mezzo del fondo. Il tubo di presa ha il diametro non minore di millimetri 75. Anche a Parigi si stanno facendo in gran numero le prese di gran diametro per i casi d'incendio in guisa che si possa avere da esse 2000 litri al minuto; quattrocento di simili bocche potranno bastare per tutta Parigi.

Tra le più importanti e più necessarie applicazioni della forza del vapore, meritano il primo posto i così detti *magli a vapore*. Le insistenti e sempre più numerose richieste dei ferri lavorati di grandi dimensioni per le costruzioni del giorno, una ben motivata tendenza di sostituire il ferro alla ghisa per la fabbricazione delle macchine, e la necessità di lavorare l'acciaio in grandi masse per il materiale delle ferrovie, per i famosi cannoni, e per le corazzate famose, sono le tre cause precipue che moltiplicarono in poco tempo ed in modo incredibile il numero e la potenza dei magli a vapore. Gli antichi magli *ad altalena*, quel *di sollevamento*, ed i magli *frontali*, mossi tutti indirettamente per mezzo di palmole, e creduti un giorno sì grandi, oggidì più non s'incontrano negli stabilimenti di qualche importanza, o quanto meno più non prendono parte alla febbrile attività dei novelli campioni. I nostri benevoli e canuti lettori potranno bensì ricordere tra loro stessi che queste nuove macchine, imperfette e bambine, cominciavano appena a somministrare all'industria i loro importenti servigi nel 1842; ma diciott'anni appresso erano già diventate le più grandiose macchine dell'industria moderna; ed il famoso maglio a vapore di Krupp accennava già col suo martello di 50 mila chilogrammi di peso di voler restituire ed in un breve volger d'anni i tre milioni di lire richiesti per il suo impianto, e di volere ad un tempo assicurare alla patria il predominio materiale e morale nel Mondo! (1)

L'onore di una prima applicazione industriale dei magli a vapore dev'essere diviso tra Nasmyth e Bourdon; e la questione, essendosi simultaneamente studiata sotto due punti di vista diversi da quei due costruttori egualmente valenti, non poteva a meno di celeremente progredire. Poche macchine esercitarono come queste lo spirito degli inventori nella disposizione dei più minuti particolari; e gli studi e le prove si moltiplicarono a tal segno da riuscire quasi impossibile una divisione per classi capace di abbracciare le numerose varietà dei sistemi fin qui conosciuti ed attuati.

Utilizzare la somma di forza viva che una massa pesante acquista cadendo da una certa altezza, sia per il proprio peso, sia per una qualche forza addizionale che concorre ad aumentare la velocità della caduta, è sempre l'unico scopo di un maglio a vapore, a qualsiasi sistema esso appartenga. E tutti i magli richiedono una solida *fondazione*; una *piattaforma* che sostenga il *tassone* e su di questo l'*incudine*, il tavolo di lavoro dei fabbri; uno o più *sostegni*, i quali posando su questa piattaforma sorreggano in alto un *cilindro verticale* e soventi servano ancora di *guida* all'alternativo salire e discendere di una massa di ferro o di ghisa armata di una testa d'acciaio, e che chiamasi *martello* o *maglio* propriamente detto. Questo fa corpo col gambo dello stantuffo motore scorrevole nel cilindro su cennato, e nel quale agisce il vapore per sollevarlo. Tra le parti essenziali d'un maglio a vapore voglionsi pure annoverare l'*apparecchio di distribuzione del vapore*, ed il *ribattero a molla*, a vapore o ad aria, indispensabile per difendere il cilindro motore degli urti non meno pericolosi per la macchina che per gli operai che vi lavorano intorno.

Diconsi *a semplice effetto* quei magli nei quali

(1) « Le officine di F. Krupp, a Essen, impiegano 8810 operai. La forza totale dei motori ivi adoperati si eleva a 9595 cavalli. Nel 1871 vennero fabbricati in quest'immenso stabilimento 68.000.000 di chilogrammi di acciaio fuso, vale a dire 9.000.000 di chilogrammi di più che nel 1870. Vi sono ad Essen 528 convertitori, forni a riscaldare, ecc.: 250 forni a pudellare, 245 forni a coke, 130 forni diversi e 169 fucine. Vi si impiegano 342 torni, 130 macchine da piallare, 73 macchine da tagliare, 172 macchine da forare, 94 macchine da aguzzare e 200 diverse. I martelli piloni a vapore che funzionano in questa colossale officina sono in numero di 56 » (*Industriale*, 15 gennaio 1873).

il vapore agisce solamente al disotto dello stantuffo, sollevando il martello che poi ricade per proprio peso con effetto proporzionale a questo peso ed all'altezza di sua caduta: ed *a doppio effetto* diconsi quelli nei quali il vapore agisce alternativamente al disotto dello stantuffo per sollevare il maglio, e poi sulla sua faccia superiore, imprimendo al maglio che cade una certa somma di forza viva oltre a quella che acquista per il proprio peso.

Ciascuna di queste due grandi categorie comprende buon numero di differenti sistemi, con vantaggi ed inconvenienti affatto speciali, ma il modo di regolarli *a mano*, ovvero *automaticamente*, riscontrasi indifferentemente applicato in tutte due le classi, bastando nei magli regolati a mano che l'operaio comandi con una leva il cassetto di distribuzione del vapore, e la muova in un senso o nell'altro secondo che vuole l'alzata o la caduta del maglio; ed in quelli automotori bastando fissare una volta la posizione relativa d'un organo speciale destinato a regolare la distribuzione del vapore, perchè il fluido così introdotto nel cilindro motore produca il regolare e periodico movimento del maglio che nella salita e discesa comanda di per sè stesso il cassetto di distribuzione.

I magli a vapore a semplice effetto furono fin qui preferiti nelle officine francesi; in Inghilterra ed in Germania si ritennero invece i magli a doppio effetto come più vantaggiosi dei primi.

La fig. 89 rappresenta un maglio a vapore come lo si adopera nelle grandi officine metallurgiche. Nell'interno d'un cilindro a vapore, simile a quello descritto poc'anzi, scorre uno stantuffo il cui gambo, che discende verticalmente, porta un pesantissimo maglio massiccio, di ferraccio. Per farlo funzionare, un operaio (che si vede al piano superiore, di fianco al cilindro) apre un robinetto che permette l'ingresso del vapore dalla caldaia nel cilindro, il vapore penetra nella capacità inferiore del cilindro, solleva lo stantuffo che trae dietro a sè la pesantissima massa metallica che costituisce il maglio; intercettando nel momento opportuno l'ingresso del vapore nel cilindro ed aprendo un varco al vapore precedentemente introdottovi, lo stantuffo rimane abbandonato e discende quindi unitamente al maglio che va a colpire con gran forza le sbarre di metallo rovente o gli altri pezzi che si vogliono sottoporre a quell'urto formidabile. Come ben si comprende, quest'urto riesce tanto più potente quanto maggiore è l'altezza da cui discende il maglio; l'altezza della caduta può essere regolata a piacere, l'altezza massima corrisponde a tutta la corsa dello stantuffo e quindi all'altezza del cilindro.

Altre macchine speciali direttamente servite dal vapore sono le gru a vapore per il sollevamento dei pesi. Le gru ordinarie destinate a sollevare i pesi ed a trasportarli da un luogo all'altro, constano di un puntone inclinato, propriamente detto il braccio o collo della gru, raccomandato alle due estremità direttamente e col mezzo di tiranti ad un albero verticale, e portante superiormente quel punto fisso alla voluta altezza per assicurarvi la semplice puleggia od il paranco. All'albero verticale che è girevole col puntone si trova ancora unito un meccanismo analogo a quello dei verricelli, cioè un tamburo ad asse orizzontale, su cui si avviluppa la fune o catena, che passando per la puleggia all'estremità superiore del braccio della gru porta il peso a sollevarsi, ed un sistema di ruote dentate mosse da due manovelle, alle quali è sovente applicata la forza muscolare degli uomini. Tralascieremo di considerare, per brevità, le svariate specie di queste gru, e le tante loro disposizioni; esse sono di uso così comune ed esteso nei cantieri di costruzione, nei porti, negli scali ferroviarii, nelle fabbriche, nelle officine, negli arsenali, che indistintamente tutti i nostri lettori avranno avuto occasione di contemplarle più di una volta, e di assistere alle manovre.

Il numero d'uomini che necessita il sollevamento dei grandi pesi, e più ancora il tempo considerevole richiesto, per la quantità d'ingranaggi attraverso i quali trasmettesi il movimento comunicato dagli uomini alle manovelle, perdendosi in velocità quanto si guadagna in forza, doveva naturalmente suggerire l'idea di ricorrere a motori più potenti, più docili, e ad un tempo meno costosi. Si pensò di servirsi della pressione di una colonna d'acqua e si ebbero le gru idrauliche, secondo il sistema dell'inglese Armstrong: si pensò di ricorrere alla forza elastica del vapore, e si ebbero le gru a vapore. Si le une che le altre vanno ogni di più diffondendosi; e daremo qui alcuni cenni sì delle prime che delle seconde.

Nel 1846 l'inglese Armstrong costruiva nelle sue officine di Elswich, presso Newcastle, la prima gru con motori a colonna d'acqua; e questa *storica gru*, che funziona tuttora lodevolmente, e che prese il nome del suo inventore, deve essere considerata come il vero punto di partenza dell'impiego industriale dell'acqua sotto pressione. In questo apparecchio l'acqua motrice era somministrata dai tubi dell'acqua potabile, ed il sollevamento dei pesi ottenevasi mediante l'azione simultanea ed accoppiata di tre stantuffi scorrevoli in cilindri obliquamente disposti; quando gli stantuffi scorrevano in un senso il peso veniva innalzato, e nel senso contrario il peso discendeva; lo

stantuffo di mezzo poteva all'occorrenza lavorare da solo, sempre quando il carico da sollevare fosse stato relativamente piccolo. Un quarto stantuffo con asta munita di dentiera movendosi in un cilindro orizzontale, e scorrendo in un senso o nell'altro, faceva orientare la gru.

Ma una essenziale questione si presentava da risolvere per ben assicurare la riuscita di questi ed altri simili apparecchi, dovendosi trovar mezzo di poter ottenere una pressione d'acqua *costante*, della quale si potesse sempre disporre a volontà. La pressione delle ordinarie condotte d'acque potabili è soggetta a troppo grandi variazioni, provenienti naturalmente dal maggiore o minor consumo d'acqua che si fa nelle città. Fu perciò imaginato il così detto *accumulatore*, per imagazzinare, ed al momento voluto distribuire la forza motrice statagli somministrata a poco a poco dal lavoro continuo di una qualche macchina motrice; esso non tardò a ricevere nuove e più estese applicazioni *economiche;* ed oggi non v'ha gruppo di gru idrauliche destinate a qualche servizio senzachè vi siano uno o più accumulatori.

Si immagini, colla idea analoga dei torchi idraulici, uno stantuffo rifluitore scorrevole in un cilindro verticale a pareti assai resistenti, del diametro variabile a seconda dei casi fra 45 e 60 centimetri, e di lunghezza ordinariamente compresa fra 6 ed 11 metri. Una grande cassa cilindrica a sezione anulare circonda questo cilindro ed è superiormente sospesa all'estremità dello stantuffo, sicchè muovesi verticalmente con esso, opportunamente diretta con apposite guide. Questa cassa è tutta piena di materie pesanti, scorie di ferro, prismi di ghisa, ecc. Il sollevamento dello stantuffo e di tutto il peso della cassa si ottiene iniettando l'acqua nel cilindro, e sotto lo stantuffo, per mezzo di un'apposita tromba mossa dall'acqua o dal vapore. L'acqua dell'accumulatore spingesi per mezzo di tubi distributori nei diversi luoghi ove richiedesi forza motrice per essere semplicemente somministrata coll'apertura di una valvola all'una od all'altra delle diverse macchine motrici.

L'accumulatore altro non sarebbe adunque che un gran *serbatojo di forza* che abita a pian terreno, e tiene le veci istesse di un gran *serbatojo d'acqua* in sulla sommità di un'alta torre; colla sola differenza che la pressione idraulica è mantenuta non più per mezzo d'una *colonna d'acqua*, ma di un *gran peso;* e questo peso è tale da esercitare una pressione in alcuni casi superiore a 45 chilogrammi per centimetro quadrato di superficie e quindi superiore a quella che ci verrebbe da un castello d'acqua dell'altezza di 450 metri! *un castello d'acqua*, che i costruttori non ci saprebbero fare, ed al quale è riuscito a supplire un principio generale di meccanica!

Nè qui si arresta l'azione economica dell'accumulatore; ma essa invece riscontrasi più miracolosa quando tutte le macchine da adoperarsi lavorano ad intermittenza, e quando la forza da trasmettersi è soggetta a *grandi* e *subitanee* variazioni; ed allora egli assume le funzioni di *regolatore* nel modo più economico e preciso che imaginar si possa. Le molte gru d'un medesimo stabilimento, e con esse le altre macchine destinate al momentaneo sollevamento, od al trasporto de' grandi pesi, possono tutte trovarsi in riposo e per un tempo considerevole; ma ad un tratto potrebbero tutte richiedere nel medesimo istante un eccesso di forza; quale macchina colossale, o quante macchine, dovrebbero impiantarsi per tale lavoro? e per quanto tempo dovrebbe poi ciascuna di esse restare oziosa, lasciando andare in pura perdita la molta forza motrice per la impossibilità di arrestare la corrente dell'acqua nel canale, o la corrente del calore che conserva nella caldaja la voluta pressione. La macchina invece che *muove* la pompa, e solleva lo stantuffo *accumulatore*, lavora di continuo, producendo, se vuolsi, poca quantità di lavoro, ma sempre *costante*, sempre *raccolta*, e sempre *pronta* ad essere spesa nel momento del bisogno.

Ne' grandi stabilimenti dove necessariamente occorrono molte gru, e ad una certa distanza l'una dall'altra, come in sugli scali dei porti marittimi, ad esempio, conviene far uso di più accumulatori, due dei quali sono all'estremità della condotta principale dell'acqua compressa. Si caricano a 42 chilogr. per centimetro quadrato tutti gli accumulatori ad eccezione di un solo, presso il quale si collocano le pompe e la macchina motrice, ed il quale dovendo fare da *presidente* su tutti gli altri accumulatori, e da *regolatore* della macchina motrice, riceve la carica maggiore di 45 od anche 46 chilogrammi; per tale disposizione di cose esso è naturalmente l'ultimo a salire ed il primo a discendere.

La più estesa applicazione di questo sistema riscontrasi nei docks marittimi dell'Inghilterra, dove gli apparecchi a pressione d'acqua servono ad aprire e chiudere le porte delle chiuse, al rimorchio ed al tonneggio delle navi, a scaricare ed immagazzinare le merci. Lo stesso sistema va eziandio generalizzandosi nelle stazioni ferroviarie, nelle officine, negli arsenali militari, ecc. Ma le disposizioni meccaniche atte ad eseguire nelle volute condizioni tutte queste operazioni sono assai variate, ed alcune volte per necessità anche un

po' complicate. L'esempio più bello e più recente crediamo sia la macchina costrutta collo scopo di caricare il litantrace sulla riviera dell'Humbert, dove i barconi carichi di *trentadue* tonnellate di carbone, rimorchiati in un bacino, sono sollevati a considerevole altezza. In Francia, e segnatamente a Marsiglia, a Rouen, a Parigi, la società della Ferrovia di Lione diede il miglior esempio nella applicazione di questo principio idrostatico al servizio delle merci, ed anche al rimorchio dei veicoli nelle stazioni. A detta di Armstrong stesso, quegli apparecchi meritano di essere a preferenza degli altri descritti, e presentati siccome veri *specimens*. Nella nuova stazione delle merci a Parigi-

Fig. 89. Maglio a vapore.

Bercy impiantaronsi diciotto gru idrauliche, quindici delle quali sono capaci di sollevare 1500 chilogrammi, e tre della forza massima di chilogrammi 3000; oltre a due argani con sedici puleggie di rimando in vario senso ed in varii luoghi disposte, e destinate alla manovra dei veicoli sulle ruotaje. Tutti questi apparecchi sono mossi dall'acqua, la cui pressione è da 50 a 55 chilogrammi per centimetro quadrato. I due cilindri orizzontali di una macchina a vapore della forza di 70 cavalli, con espansione e senza condensazione, muovono direttamente due pompe a stantuffo rifluitore, le quali aspirano l'acqua da un serbatoio a metri 6 di altezza per ricacciarla negli stantuffi di tre accumulatori, di cui uno più vicino alla macchina a vapore le serve da regolatore; esso è sovraccaricato di 200 chilogrammi in più che gli altri due.

Nel Regio Arsenale dell'Artiglieria (fonderia) in Torino, dove gli ingegneri accolti tra una infinità di cortesie ammirano ogni anno una qualche nuova applicazione dei più recenti trovati della mecca-

nica industriale, havvi un bellissimo esempio di distribuzione della forza motrice, per mezzo dell'acqua premuta, alla molte gru, fisse e scorrevoli per quella officine, agli argani di trazione, ai piani sollevatori, ecc.

Fu specialmente per opera di Armstrong che le macchine a pressione d'acqua in generale, e più di tutte ancora quelle a rotazione, si divulgarono assai in questi ultimi tempi; una buona macchina doppia e a doppio effetto è sempre capace di un bel rendimento, e questo genera di motori meriterebbe un po' più di confidenza per parte de' nostri industriali. Alcune di queste macchine sono a cilindri orizzontali, ed altri a cilindri oscillanti. L'apparecchio di distribuziona per cadaun cilindro consisterebbe in un ordinario cassetto senza anticipazione e senza ricoprimento, ma cha dev'essere regolato con molta precisione per causa della incompressibilità dell' acqua. Occorrendo la inversione del movimento si ricorre al settore di Stephenson. Quando la inversione non è necessaria, ottiensi talvolta la distribuziona per mezzo di una *cannella* a quattro vie, come nelle macchine a vapore di Mausdlay. Soventi ancora si impiegano macchine a colonna d'acqua a cilindri oscillanti, con distribuzioni analoghe a quella delle macchine a vapore dello stesso sistema; ed incontransi pure tre cilindri oscillanti a doppio effetto i cui stantuffi muovono le manovelle disposte a 120°. Tale è appunto la macchina a colonna d'acqua, di 8 cavalli di forza, stabilita al docks di Marsiglia, i cui tre cilindri orizzontali ed oscillanti muovono direttamente per mezzo dei loro stantuffi un albero ripiegato a gomiti. Questi cilindri hanno il diametro interno di millimetri 108, e la corsa degli stantuffi è di mm. 304. Il perno cavo di ciascun cilindro oscillante riceva per una parte l'acqua motrice, e per l'altra muove il cassetto di distribuzione, cha trovasi affatto staccato dal cilindro.

Le gru idrauliche essendo fissa servono solamente al sollevamento dei pesi nel loro raggio di azione; e sempre, quando occorra sollevare più pesi in diversi luoghi, si è costretti di stabilire sufficiente numero di quei meccanismi. Si preferisca molte volte di avere gru a vapore, locomobili cioè su carretto, ciascuna delle quali costituisce un complesso munito dei necessarii apparecchi per essere fatta lavorare a vapore. Massimamente nei porti, con una gru a vapore si ha sempre risparmio di tempo nel caricare e scaricare le merci, più non essendo necessario di fara avvicinare o indietreggiare le navi come per le gru fisse fino a che queste possano arrivare col loro braccio al luogo destinato a ciascuna merce, ma bastando di fare semplicemente scorrere la gru. Di più, in caso d'urgenza riesce così possibile di avvicinare *fra loro* due gru locomobili, e servirsi contemporaneamente di tutte due.

Si conoscono parecchi sistemi di gru a vapore, le quali variano per altro solamente nella disposizioni di tutto il meccanismo; ma tutte certamente hanno con loro una caldaja, quasi sempre verticale e munita dei necessarii apparecchi di alimentazione, di sicurezza e di presa dei vapore. Tutte poi sono munite di uno o più cilindri motori; ma questi trasmettono talvolta direttamente il moto rettilineo alterno dei loro stantuffi alle catena di sollevamento avvolte, per moltiplicare la corsa, su di un paranco per un numero sufficiente di volte, ed in questo caso si ha poi un altro cilindro motore indipendente, per far girare, o, coma dicesi, orientare la gru. Talvolta invece i cilindri motori trasmettono un movimento di rotazione ad un albero, e da questo, per mezzo di rocchetti e ruote dentate, al tamburo su cui si avvolge la catena di sollevamento. Sia le une che le altre hanno poi tutte bisogno d'un freno il quale serve a trattenere in alto il peso sollevato, ed a regolarne la discesa; questo freno è d'ordinario identico a quello di tutte le altre gru.

Sono celebri le gru a vapore che si costruiscono a Londra dalla Casa Brown, Wilson a C. Gli ingegneri tedeschi ne impiegano venti allo scalo marittimo di Hambourg, dove per una lunghezza di 800 metri è posto un doppio binario di comunicazione colla ferrovia di Berlino.

Prima ancora che l'idea semplicissima di servirsi di una locomobile a vapore per muovere il varicello degli ordinarii battipali a scatto fosse applicata, molto erasi studiata l'applicazione diretta della forza elastica dal vapora al sollevamento del maglio, congegnando così un vero maglio a vapore specialmente destinato all'operazione del piantar pali.

Pare che William Deverelle fosse il primo inventore di quei battipali, risalendo questa invenziona al principio del secolo. Ma gli Americani furono i primi a servirsene con qualche successo, ed i battipali a vapore congegnati da Nasmith, e che ritennero perciò questo nome, meritano ancora sugli altri la preferenza. Il maglio a vapore Nasmith consta di un cilindro verticale nel quale si muove uno stantuffo, ed all'asta di quest'ultimo è raccomandato il maglio. Sollevato lo stantuffo dal vapore che lavora ad alta pressione fino all'altezza voluta, raramente superiore ad 90 centimetri, esso ricade col maglio ed in forza del peso di quest'ultimo, variabile tra 1000 e 2600 chilogrammi.

I battipali Nasmith differiscono quindi da quelli ordinarii a scatto sia per il maggior peso del maglio di tre a cinque volte maggiore, sia per la piccola altezza di caduta, essendo inferiore al metro, mentre in quelli ordinarii riscontrasi talvolta di 12 metri. Così pure differiscono assai per il numero di colpi dato in uguale intervallo di tempo; chè i battipali ordinarii danno al più 35 o 40 colpi all'ora, a quelli in discorso ne danno invece 50 o 60 al minuto, cioè da 3000 a 3600 all'ora. In alcuni casi con un solo battipalo Nasmith si riescì ad infiggere da 30 a 50 pali, di 9 metri, al giorno; mentre a compiere lo stesso lavoro in egual tempo si sarebbero dovuti impiegare contemporaneamente da 10 a 12 battipali ordinarii.

Il prezzo di un battipalo Nasmith è di 40,000 lire circa. La spesa giornaliera della macchina e degli operai di servizio per dieci ore fu riconosciuta con replicate esperienze di lire 131; per cui il costo del piantamento di un palo può ritenersi di lire 3,27 se configgonsi in media quaranta pali al giorno.

L'antico battipalo a tirelle non costerebbe meno di 22 lire al giorno, e quindi ogni palo verrebbe a costare lire 11 almeno, poichè tutto al più si potrebbero piantare 2 pali al giorno.

Bisogna però notare che la maggior convenienza del battipalo Nasmith sarebbe solamente verificata nei grandi lavori, e sarà tanto più grande quanto maggiore il numero dei pali da piantare, e la brevità del tempo concessa per tale operazione.

Il sig. Chrétien ha costrutto in Francia altri battipali a vapore ad azione diretta, che molto si accostano al sistema delle gru idrauliche, e di quelle a vapore; furono adoperati per la prima volta e con ottimo successo a Parigi nelle fondazioni del sifone del Ponte dell'Alma. Il maglio è sollevato con catena che si avvolge ad una carrucola, ed è sollevato dallo stantuffo, la corsa del quale è moltiplicata con altre puleggie di rimando. Giunto alla estremità superiore ha luogo lo scatto, ed il maglio cade per proprio peso.

Chrétien costrusse due tipi di battipali di questo sistema, l'uno col maglio di 700 chilogrammi, e l'altro col maglio di 1000 chilogrammi. Il primo ha 5 metri di caduta, ed il cilindro ha 25 centimetri di diametro. Questi battipali a vapore ad azione diretta, tuttochè preferibili agli altri fin qui conosciuti, riescono però di prezzo più elevato degli ordinarii battipali a scatto, mossi da locomobili.

XXIV.

MISURA DEL LAVORO DI UNA MACCHINA A VAPORE.

In che consista il lavoro meccanico. — Il *chilogrammetro*, il *dinamodo* e il *cavallo-vapore*. — Cause di disperdimento delle forze di una macchina a vapore. — Strumenti per ottenere la misura diretta del lavoro di queste macchine: il *dinamometro*; il *dinamodometro* od *ergometro* di Morin; il *freno dinamometrico* di Prony; l'*indicatore delle pressioni* o *indicatore di Watt*.

Lavorare, meccanicamente, vale trasformare o trasportare la materia. Ma in ogni specie di lavoro è indispensabile che si vinca una resistenza, che talora consiste nel peso, nella elasticità, nella rigidezza, nella coesione della materia, talvolta in attriti di diversa specie; quindi lavorare vale ancora vincere una resistenza, facendo concepire al corpo che resiste un moto inverso contrario a quello da cui la resistenza proviene; e le due idee di spazio fatto percorrere e di resistenza vinta devono comporsi per via di moltiplicazione nella misura del lavoro. Dal lavoro che è necessario per sollevare un certo peso ad una determinata altezza traggono la loro origine le principali unità di misura; esse sono; il *chilogrammetro*, un chilogramma sollevato all'altezza di un metro; il *dinamodo*, mille chilogrammi sollevati alla medesima altezza; e siccome queste due misure non portano implicitamente con sè l'indicazione del tempo, si ha ancora una terza unità di misura, che è il *cavallo-vapore*, cioè 75 chilogrammi svolti per ogni minuto secondo (1).

(1) *La prima* macchina a vapore che Watt cedette all'industria doveva funzionare in una birreria e far le veci d'un *maneggio* — mosso fino allora da cavalli — destinato *a sollevar* l'acqua. Il birraio voleva ottenere dalla macchina lo stesso effetto che gli producevano i suoi cavalli — e fin qui aveva ragione; — propose dunque a

Non tutto il lavoro, di cui una macchina è capace, si trasforma in effetto utile; le cause di disperdimento possono ridursi a tre; cioè le interruzioni, gli attriti a vincersi, e gli urti intestini e scosse di alcune parti. Le due ultime cause sono di per sè stesse evidenti; quanto alla prima, basterà l'osservare che ad ogni interruzione la macchina parte dalla quiete, e cessando un po' bruscamente dal lavoro, come avviene quasi sempre, vi ha consumo di lavoro non trasformato in effetto utile, ma rimasto intrinseco ai corpi o macchine intermedie, di cui vince l'inerzia, generando ciò che dal volgo dicesi l'avviamento della macchina, e dai meccanici un aumento di *forza viva*.

Se è in primo luogo necessario che una macchina compia il lavoro proposto, è ancora di grande importanza il sapere come si compiano le funzioni de' suoi organi, quale valore numerico debba assegnarsi alla potenza della macchina che quel lavoro produce, ed in una parola determinare con esattezza il rapporto tra la quantità di lavoro utilizzato e la spesa fatta per ottenerlo. Senza ricerche e misure di tal fatta, costantemente ripetute per ogni nuova macchina, non è possibile progresso di sorta, sia nell'industria in generale, che nella costruzione meccanica in particolare.

Ne derivò quindi la necessità di inventare strumenti di misura diretta del lavoro, quale avviene nelle naturali condizioni del fatto, affine di paragonarlo colla potenza teorica, determinata cioè con procedimenti di calcolo, e pervenire così a que' perfezionamenti di parti che esercitano grandissima influenza sull'economia tecnica dell'applicazione.

È oggetto di quest'articolo il dare idea degli apparecchi con cui si misura materialmente la forza esercitata da un motore qualsiasi, la velocità anche variabile che avrà avuto, ed il lavoro che avrà prodotto; ed indicare per ciascun strumento il metodo generale da seguitarsi in esperienze di tal natura.

1. Se trattasi di motori animati, a misurarne il semplice sforzo servono i *dinamometri*. Molti di questi sono basati sull'elasticità dei corpi solidi, ed uno dei più usati è quello di Régnier; la figura 90 lo rappresenta. Una molla di acciajo *a b c d*, avente pressochè la forma di una ellissi alquanto allungata, porta fissato in *a* un quadrante circolare, su cui trovansi segnate due graduazioni diverse *e f*, *g h*, ed un ago indice *i* fisso per una estremità al centro o delle circonferenze graduate, e che per l'altra può scorrere sulle medesime. Una leva ad angolo *m* imperniata in *l* sostiene col braccio *m* l'indice *i*, mentre l'altro braccio è racc omandato con una verga *n* all'altra estremità *b* della molla. Allorchè nessuna forza agisce sulla molla *a b c d*, la punta dell'indice rimane sullo zero della graduazione; ma tostochè si preme la molla nel senso *a b*, oppure la si stira nel senso *c d*, avvicinandone ad ogni modo fra di loro le due estremità *a* e *b*, la leva ad angolo verrà spinta, e solleverà l'indice *i* più o meno, a seconda dell'energia della forza adoperata. Si leggerà sull'una o sull'altra delle graduazioni lo sforzo in chilogrammi esercitato dal motore, secondochè la molla fu premuta nel senso del suo asse minore, o stirata secondo l'asse maggiore. Per procedere alla graduazione di questo istrumento, si fissa il medesimo per una delle estremità, e si sospendono all'altra estremità successivamente dei pesi crescenti, come ad esempio 100, 200, 300 chilogrammi, notando sull'arco le posizioni che prende l'ago corrispondentemente a ciascun peso. Per mezzo di questo od altro analogo strumento si può adunque calcolare in chilogrammi l'effetto di una pressione o di una trazione qualunque, come sarebbe lo

Watt di far lavorare un cavallo durante una giornata d'otto ore e di basare poi il calcolo del *cavallo-vapore* sul lavoro utile eseguito, che, in questo caso, consisteva nel prodotto della quantità di acqua sollevata in fin della giornata pella differenza di livello fra il serbatoio inferiore ed il serbatoio superiore. Watt accettò l'offerta: il birraio allora — e qui ebbe torto — prese il più robusto fra i suoi cavalli (e pare che i cavalli dei birrai di Londra sien tutti robustissimi), lo fece lavorare le otto ore convenute e non risparmiò le frustate, ben sapendo che nessun cavallo al mondo avrebbe durata tanta fatica per più giorni di seguito. Ad ogni modo, misurato il lavoro, si riconobbe che quel povero cavallo aveva sollevati 2,120,000 chilogrammi d'acqua all'altezza d'un metro nelle 8 ore convenute, il che, proporzionalmente, corrisponde a circa chilogrammi 73,6 innalzati ad un metro d'altezza in un minuto secondo. — Ed ora si dà il nome di cavallo-vapore alla forza necessaria a sollevare *chilogrammi* 75 *ad un metro d'altezza in un minuto secondo*, od a produrre altro lavoro a questo equivalente. E così una macchina a vapore si dice della forza di dieci cavalli quando è atta a produrre un lavoro equivalente al sollevamento, in un minuto secondo, di 750 chilogrammi all'altezza d'un metro, o, ciò che torna lo stesso, di 75 chilogrammi a dieci metri d'altezza.

Ma convien poi notare che questa quantità di lavoro è di gran lunga superiore a quella prodotta ordinariamente dai cavalli, i quali, quando non sieno orrendamente maltrattati, lavorando in condizioni ordinarie, producono in un minuto secondo un lavoro rappresentato dal sollevamento di circa 28 chilogrammi all'altezza d'un metro. Dunque un cavallo-vapore sarebbe equivalente al lavoro di quasi tre cavalli; aggiungi poi, che dopo otto ore bisogna cambiar cavalli, mentre la macchina non si stanca mai.

sforzo che sono capaci di fare un nomo, nn cavallo che agiscano sulla molla. Da tale strumento si avranno sempre indicazioni esatte, purchè le forze ad esso applicate non sieno tali da alterare i limiti della naturale elasticità della molla; sarà però sempre facile cosa il ricoaoscerlo, osservando se, dopo cessato lo sforzo, l'indice ritorna tosto precisamente allo zero della graduazione. Siccome poi riesce molto minore lo sforzo ad esercitarsi per avvicinare le due estremità a e b fra di loro premendo la molla nel senso dell'asse minore, anzichè stirandola nel senso dell'asse maggiore, si userà ora l'uno, or l'altro modo, a seconda dell'agente di cui si sperimenta la forza.

Avuto lo sforzo in nn dato istante, per trovare il lavoro bisogna ancora misnrare lo spazio percorso in quell'istante. La misura della semplice velocità si fa cogli apparati cronometrici. Un foglio di carta percorre uniformemente nna direzione rettilinea; spinta poi dal motore una punta descrivente cammini in senso perpendicolare a quello della carta, qnesta pnnta descriverà uaa certa curva sulla carta, le ascisse saranno proporzionali al tempo e le ordinate allo spazio percorso in quel tempo dal motore.

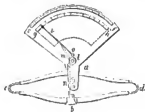



Fig. 90.

Misurati così i due elementi, forza sviluppata e spazio percorso, non resta che a combinarli per via di prodotto ad ottenere il lavoro. Se il motore avesse sempre percorso gli spazii proporzionali ai tempi, cioè se il moto fosse stato uniforme, se ancora lo sforzo esercitato dal principio alla fine dell'esperienza fosse durato sempre costaate, sarebbe facilissima cosa il calcolare il lavoro sviluppato, uguale al prodotto della forza esercitata, sempre costante, espressa in chilogrammi, per lo spazio percorso in tutto il tempo che si considera ed espresso in metri. Ma è assai difficile in pratica ottenere aache solo per approssimazione la costanza nell'intensità della forza ed il moto sempre uniforme. Supponendo adunque il caso più generale e che più freqnentemente avviene, di continua variazione nella forza del motore, e di moto variabile ad ogni istante, ecco in qual modo si procede al calcolo del lavoro. Si conducano (fig. 91) due assi di coordinate ortogonali O s, O f. Si scelga per unità di tempo, per es., il minuto secondo, e si portino le distanze O a, a b, b c, ecc. proporzionali allo spazio percorso in ogni minuto secondo; si inalzino in a, b, c ... tanto perpendicolari e si porti su ciascuna di esse un'ordinata $a\alpha$, $b\beta$, $c\gamma$ ... proporzionale allo sforzo esercitato nel minuto secondo corrispondente, e si descriverà così una curva $A\alpha\beta\gamma\delta$ ... BC, che piglia il nome di *diagramma*, e di cui vedremo tosto tutta l'importanza pratica. Noi possiamo diffatti con grandissima approssimazione supporre che la parte di curva $A\alpha$ si confonda con una retta, che di più durante quel minuto secondo lo sforzo sia costante ed uguale alla

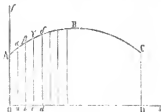



Fig 91.

media dello sforzo esercitato al principio, e di quello esercitato alla fine del minuto secondo; anche il moto durante un solo secondo si può considerare come uniforme; quindi il lavoro in quel minuto secondo si avrà moltiplicando lo spazio percorso Oa per la semisomma delle due ordinate O A ed $a\alpha$, che è lo sforzo medio; ossia il lavoro cercato sarà rappresentato dall'area del trapezio O$a\alpha$A, che si ottiene appunto in tal modo. Similmente l'area mistilinea $\alpha ab\beta$ confondentesi ancora coll'area di nn trapezio perchè la curva $\alpha\beta$ si può eziandio supporre retta, rappresenterà il lavoro sviluppato dal motore in un altro minnto secondo; la somma delle due aree rappresenterà il lavoro di due secondi; in una parola, il lavoro totale sviluppato dal motore in tutto il tempo considerato sarà rappresentato dall'area di tutto il *diagramma*, cioè dall'area OABCD.

La misura del lavoro sviluppato da un motore animato è dunque ridotta a due operazioni distinte; a descrivere cioè il diagramma, e descritto, a quadrarlo. Sarebbe cosa assai lunga e quasi impraticabile l'osservare direttamente sul quadrante

del dinamometro lo sforzo fatto ad ogni minuto secondo, e procurarsi gli spazii percorsi ad ogni secondo cogli apparati cronometrici, come sopra si è detto. Ma si può con un apparecchio far descrivere direttamente il diagramma dal motore stesso. Chi immaginò tale strumento fu Morin, e gli diede il nome di *dinamodometro*; meglio però è chiamarlo *ergometro* (misuratore del lavoro), siccome chiamavalo il prof. Giulio. Ecco in che cosa consiste, e quale sia il modo di usarlo. Il dinamodometro od ergometro di Morin consta essenzialmente di una o più molle di acciajo disposte, come nei dinamometri, in modo che si inflettano di quantità più o meno grandi sotto l'azione degli sforzi trasmessi dal motore. Le molle sono ordinariamente disposte in senso orizzontale, e sotto alle medesime scorre una lista di carta di conveniente altezza, la quale si sviluppa da un cilindro per avvilupparsi attorno ad un altro parallelo al primo, movendosi in direzione perpendicolare alla saetta presa dalla molla quando viene stirata, ed ora con maggiore ed ora con minore velocità, a seconda che il motore accelera o rallenta il suo cammino, cioè in modo proporzionale allo spazio descritto dal motore; la qual cosa è facile ad ottenersi. Così se si avesse a sperimentare su di una vettura condotta da cavalli, si porrà lo strumento in modo che i cavalli esercitino sulle molle dell'ergometro i loro sforzi di trazione, e questo li trasmetta alla vettura. L'accennato movimento della carta riesce agevolmente comunicato da puleggie che girino colle ruote, o meglio colle sale per mezzo di cingoli, se le sale sono mobili; per tal modo fra lo spazio percorso dal veicolo e quello percorso dalla carta vi sarà sempre un rapporto costante. È su questo foglio di carta che devesi far disegnare il diagramma; a tale scopo trovansi due matite disposte perpendicolarmente al foglio di carta, leggermente prementi su esso col mezzo di un contrappeso o di una molla. La prima di queste matite è fissa all'armatura posteriore dell'ergometro, la quale rimane immobile per rispetto alle altre parti della vettura; quindi muovendosi il veicolo, e scorrendo la carta, questa matita descriverà necessariamente una linea retta. L'altra matita è fissa alla molla anteriore, sopra la quale si esercita direttamente lo sforzo a misurarsi, e si allontanerà od avvicinerà alla prima coll'allontanarsi od avvicinarsi delle molle; quindi descriverà una linea più o meno ondulata come la $A\alpha\beta$ ... BC ..., di cui le distanze dalla linea retta rappresentano in una certa scala gli sforzi esercitati. Potremo dunque conchiudere che della curva tracciata sulla carta le ascisse sono proporzionali agli spazii percorsi dal veicolo motore, le ordinate agli sforzi di trazione; avremo adunque un vero diagramma, la cui area sarà per conseguenza proporzionale al lavoro.

Non basta però il procacciarsi il diagramma; nel procedere allo sperimento si prendono ancora tutti quei dati che sono indispensabili per misurare poi il lavoro. Bisogna prima di tutto determinare il rapporto fra lo spazio percorso dal veicolo e quello descritto dalla matita sulla carta che si sviluppa. Per ottenere questo rapporto si misura sul tronco di strada un tratto di lunghezza determinata, e lo si picchetta a distanze uguali, che saranno di 20 o 30 metri; si percorrerà quindi quel tratto col veicolo, incominciando alcuni metri avanti al primo picchetto, e facendo svolgere la carta solo quando si è giunti al primo picchetto, il che si ottiene per mezzo di un innesto mobile di cui è munito lo strumento. Uno degli sperimentatori montato sul veicolo, fissatosi un punto sporgente e ben visibile di esso, darà un segnale ad ogni volta che il punto segnato si troverà nel piano verticale normale alla strada e passante per uno dei picchetti accennati, ed un altro sperimentatore premendo leggermente sulla carta una terza matita, che tosto si rialzerà in virtù di una piccola molla, farà così segnare sulla carta un punto ad ogni picchetto. Se 300 metri è lo spazio percorso ed i picchetti sono in numero di 10, cioè posti a 30 metri di distanza, si avranno segnati sulla carta 10 punti che dovrebbero trovarsi esattamente fra loro equidistanti. Siccome ciò mai non avviene, si prende la media di quelle dieci distanze, e si avrà il rapporto cercato dividendo la lunghezza di 30 metri per quella media. Si avrà così un numero generalmente maggiore dell'unità, per il quale moltiplicando la lunghezza del diagramma, si otterrà lo spazio effettivamente percorso. Siccome a noi importa conoscere l'area del diagramma, riterremo questo primo coefficiente per moltiplicarne poi l'area e passare da un lavoro proporzionale al lavoro effettivamente sviluppato.

Conviene trovare ancora con quale coefficiente noi dovremo moltiplicare le ordinate, misurate le metri, perchè ci rappresentino effettivamente gli sforzi in chilogrammi; tanto vale cercare lo sforzo di trazione che si dovrebbe esercitare perchè la molla possa assumere la saetta di un metro; si comprende però che questa quantità non deve essere considerata in senso assoluto; la molla infatti si romperebbe prima di un tale sforzo; d'altra parte siamo certi che non avremo mai ordinate della lunghezza di un metro. Ad ogni modo la determinazione di questo coefficiente è operazione di grande difficoltà, e che si eseguisce una volta per sempre con molta cura negli stabilimenti

stessi in cui si costruiscono gli ergometri; per cui su una delle molle dello strumento sta scritto che, per uno sforzo di un chilogramma, si produce in essa una saetta di millimetri 0,....; dividendo quindi l'unità per metri 0,000.... si avrà il numero dei chilogrammi che farebbero assumere alla molla la saetta di un metro; ed è appunto questo numero il secondo coefficiente che fa bisogno. Il primo riduce le ascisse al loro valore reale, il secondo riduce le ordinate. Moltiplicando per questi due coefficienti l'area del diagramma ottenuta in metri quadrati, si avrà il lavoro dinamico effettivo sviluppato dal motore nel percorso misurato, espresso in chilogrammetri. Per misurare l'area del diagramma si potrebbe ricorrere ai mezzi analitici, che in questo caso riuscirebbero non molto spediti, attesa la lunghezza del diagramma che sarà certamente di più metri, ed il contorno tanto accidentato, come si scorge nella fig. 92, che rappresenta il diagramma disegnato da un cavallo al corso, nel quale chiaramente si distinguono gli istanti corrispondenti a ciascuna strappata di bri-

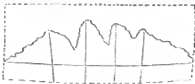



Fig. 92.

glia, come suol dirsi del repentino aumentare dello *sforzo* di trazione di questi motori.

Si potrebbe ancora determinare l'area del diagramma col mezzo di un planimetro; ma chiunque avrà avuto occasione di misurare effettivamente alcuna di tali aree di estensione molto grande e di contorno svariatissimo, presto si sarà convinto dell'impossibilità di usare un tal mezzo con profitto. Semplicissimo invece ed ingegnoso è quello proposto ed usato da Morin. Esso consiste nel pesare il rettangolo di carta su cui sta disegnato il diagramma, dopo averne misurata la lunghezza e l'altezza per averne l'area; ritagliandolo quindi pazientemente secondo il contorno e secondo l'asse delle ascisse, si peserà la parte ritagliata che rappresenta l'area a misurarsi. Scrivendo una semplice proporzione si troverà l'area del diagramma uguale all'area del rettangolo primo pesato, moltiplicata per il rapporto del peso del solo diagramma al peso del rettangolo. Non occorre dire che la carta deve essere ben omogenea.

II. Per misurare il lavoro dei motori inanimati, o macchine motrici propriamente dette, si ha il *freno dinamometrico di Prony*, la cui invenzione segnò un passo immenso nel progresso della meccanica pratica, permettendo di poter valutare direttamente il lavoro trasmesso dalla macchina all'albero motore, onde separatamente conoscere le resistenze che oppone la macchina motrice, da quelle delle macchine lavoratrici, e ponendone così a confronto le disposizioni nei varii casi, riconoscere quelle che più convengono.

Il freno dinamometrico di Prony consiste in una sbarra di legno (fig. 93) AB della lunghezza da 1 a 2 metri, portante all'una estremità B un piattello di bilancia destinato a ricevere dei pesi, ed all'altra un collare fermato da due cuscinetti CC'

Fig. 93.

pure in legno, riuniti assieme da due chiavarde a vite *v v*. Il collare ha sulla sua periferia tre viti VVV dirette verso il centro, le quali permettono di assicurare solidamente questo collare all'albero del motore, che nella *figura si* vede sezionato in O; con questa disposizione *uno stesso* collare ed uno *stesso freno* possono adattarsi entro certi limiti a *più alberi di diametro diverso. Però* bisognerà *tutte le volte centrare il collare*, ossia far sì che l'asse dell'albero passi per il centro del collare, al che si perviene col *mezzo di tentativi* ed *ajutandosi* colle tre viti V. Per la verificazione poi *di questa* operazione, basta osservare che mentre l'*albero* O gira, e con esso il collare, accostando *all'albero* una punta che si terrà in una posizione *fissa*. La circonferenza del collare girando sarà *ora più* vicina, ora più lontana a questa

punta se la centrazione non è perfetta, e si dovrà correggere.

Talvolta il braccio del freno, invece del cuscinetto inferiore C' e delle due chiavarde v porta un nastro fatto a catena, che abbraccia il collare, e le cui estremità sono munite di due caviglie, che entrano in appositi fori praticati nel braccio, per poterlo ad esso assicurare col mezzo di due madreviti che mordono io due caviglie.

Qualunque sia però il mezzo con cui il braccio si adatta al collare, egli è chiaro che nell'accennata disposizione di cose l'albero principale non può più muoversi senza far girare anche il braccio AB. Ma se rallentansi a sufficienza le viti v, questo braccio non si solleverà più, quantunque l'albero motore tenda ancora a sollevarlo per mezzo dell'attrito che si sviluppa tra i cuscinetti od il nastro ed il collare. Tutto il lavoro motore deve farsi consumare in questo attrito, ed ecco in che modo.

Sia la macchina motrice di cui vuolsi misurare l'effetto utile una ruota idraulica qualsiasi, od anche una macchina a vapore. Prima di usare il freno, si comincia a por mente a quanti giri dia l'albero principale per ogni minuto secondo quando fa muovere tutte le macchine della manifattura. Così pure si pon mente alla quantità d'acqua o di combustibile che si consuma per mantenere l'effetto voluto, e si registrano questi dati nell'intento di operare col freno di Prony nelle identiche condizioni. Quanto al numero dei giri al minuto secondo, si otterrà lasciando operare uno dei soliti *contatori* per un dato numero di secondi, osservando il numero dei giri indicati e dividendolo per il numero di secondi impiegato. Tolta quindi la comunicazione all'albero del motore con tutte le macchine secondarie, vi si adatta il collare ed il freno, serrando le viti v per modo che l'attrito vinto produca nel motore principale ossia nell'albero che ne dipende un rallentamento tale, che la velocità risultante sia uguale a quella che lo stesso albero aveva, prima che lo si isolasse dalle macchine secondarie, ossia allorchè metteva in moto la manifattura. Ma perchè dall'albero non sia trasportato il braccio, e fatto con esso girare, si dovrà applicare all'estremità opposta B del braccio una forza, collocare cioè sui piattello di bilancia dei pesi che ne facciano l'uffizio. Con questi pesi si potrà per tentativi ottenere che il braccio del freno stia quasi in posizione orizzontale, mentre l'albero principale darà lo stesso numero di giri che dava prima. Registrati in chilogrammi i pesi posti sul piattello, ecco il modo di calcolare il lavoro. Sia a il raggio del collare, f il coefficiente di attrito che si sviluppa tra i cuscinetti od il nastro ad il collare; n il numero di giri che l'albero motore caricato del freno fa al minuto primo, nell'ipotesi che tal numero sia pure quello corrispondente al caso delle macchine secondarie in moto. Il numero di giri dati per ogni minuto secondo sarà $\frac{n}{60}$; lo spazio descritto dalla superficie di contatto del collare col cuscinetti o nastro sarà per ogni giro $2\pi a$, e per ogni minuto secondo sarà dato da $2\pi a\,\frac{n}{60}$. Dicendo P la pressione che ha luogo fra nastro e collare, Pf sarà l'intensità dell'attrito che si svolge sempre secondo la linea di tangenza delle due superficie. Il lavoro è dato dal prodotto della forza sviluppata per lo spazio percorso nella direzione della forza, essendo il moto uniforme o almeno tale supponendolo, quindi $Pf \times 2\pi a\,\frac{n}{60}$ sarà il lavoro dell'attrito sofferto dall'albero motore mentre gira dentro il nastro o fra i cuscinetti riguardati come immobili al pari del braccio cui trovansi solidarii.

Ma d'altra parte, se il braccio è immobile, e se l'albero gira dentro il nastro colla velocità di regime, ciò vuol dire che il lavoro opposto dall'attrito sviluppato e vinto è uguale a quello che la macchina produceva prima che si isolasse l'albero da tutte le macchine secondarie. Basterà dunque calcolare il prodotto $Pf \times 2\pi a\,\frac{n}{60}$ per avere la misura del lavoro cercato; perciò dicasi Q il peso posto sul piattello sufficiente a mantenere il braccio in posizione orizzontale; il momento del peso Q necessario a far cadere il braccio, ossia a farlo girare intorno al collare in direzione opposta a quella cui tende farlo girare l'albero principale, deve essere uguale al momento dell'attrito che tende a sollevarlo. Donde, se b è la distanza del punto di sospensione del piattello dall'asse dell'albero, ossia il braccio di leva del peso Q, si avrà l'equazione: $Qb = Pfa$. Ricavando il valore di P si ha: $P = \frac{Qb}{fa}$, e sostituendo nell'espressione del lavoro cercato si avrà: $L = \frac{n}{60}\,2\pi bQ$, lavoro utilizzato dal motore principale, che non è altro se non lo spazio che descriverebbe il peso Q, se fosse fisso il collare coll'albero e girasse con esso, moltiplicato per la intensità della forza Q; questo spazio è descritto *virtualmente*. Ne segue adunque la regola semplicissima per l'uso del freno di Prony, *il lavoro prodotto dal motore è uguale al peso nel piattello moltiplicato per lo spazio dal piattello stesso descritto al minuto secondo, secondando il moto dell'albero.*

È evidente che usando il freno dinamometrico di Prony bisogna che il peso Q comprenda anche il peso del braccio, peso che concorre con quello che trovasi sul piattello a far cadere il braccio, a meno che il centro di gravità di tutto il braccio non cada sulla verticale che passa per l'asse dell'albero, nel qual caso togliendo i pesi dal piattello, e le viti v permettendo al braccio di girare liberamente attorno al collare, il freno disposto orizzontalmente rimanesse in equilibrio. A questo scopo si usa di rastremare il braccio più lungo, sebbene in verità questa condizione sia insufficiente a conseguire l'intento; sicchè per poter correggere la differenza è sempre necessario di caricare di un certo peso l'estremità A opposta a quella del piattello; suolsi perciò a questa estremità collocare un uncino u per sostenere il peso necessario. Siccome però questo aumento di peso accresce notabilmente quello del braccio senz'effetto soddisfacente, usasi più sovente, prima di procedere all'esperimento, rallentare le viti v, per cui essendo diminuito l'attrito fra nastro e collare, il braccio sollecitato dal proprio peso cade: riconducendolo in posizione normale, lo si faccia sostenere dalla molla elastica di un dinamometro sensibile D; leggasi su esso lo sforzo necessario a farsi per tenere il braccio orizzontale, e, sia m espresso in chilogrammi. Sia p il peso del braccio, l la distanza del suo centro di gravità dall'asse dell'albero, si avrà per l'equilibrio $pl = mb$, da cui $m = \frac{pl}{b}$ darà il valore dello sforzo richiesto per ottenere che il braccio resti in posizione orizzontale, sforzo rappresentato dalla molla elastica, e che dalla equazione scritta risulta essere uguale al peso del braccio trasportato ad una distanza $\frac{l}{b}$. Quindi determinato m o coll'esperienza o col calcolo, al peso Q si dovrà aggiungere nell'equazione scritta il valore di m per operare con maggiore esattezza.

Siccome coll'attrito si sviluppa calore, ed il collare ed il freno sono ordinariamente di legno, così per evitare delle accensioni bisogna continuamente versare dell'olio od altra sostanza grassa in un vasetto ad imbuto d; il liquido discenderà da esso per un foro praticato nel cuscinetto superiore del freno, prolungato sino alla superficie esterna del collare.

In pratica l'impiego del freno non è senza difficoltà ed inconvenienti. A parte le disgrazie che ne potrebbero derivare per le persone vicine qualora, serrate troppo le viti, la macchina rotando si conducesse seco il braccio del collare, al che sovente si ovvia rattenendo all'estremità il braccio fra due sbarre orizzontali fisse, e limitandone così il movimento, esso dà luogo a continue oscillazioni in alto od in basso, per cui rende un po' difficile l'osservazione del momento di equilibrio ed esige un po' d'abitudine in chi esperimenta.

Trovato in chilogrammetri il lavoro utile sviluppato al minuto secondo sull'albero principale, se trattasi di una ruota idraulica, si calcolerà ancora il lavoro speso dato dal prodotto della quantità di acqua impiegata in un minuto secondo per l'altezza della caduta; il rapporto dell'effetto utile misurato al lavoro speso calcolato darà ciò che dicesi il *coefficiente di rendimento* della macchina.

III. Per le macchine a fuoco bisogna nella misura del lavoro prendere inoltre per punto di partenza gli effetti diretti del fluido sulla faccia dello stantuffo motore, a cui sempre si riferisce il lavoro utile; giacchè in queste macchine bisogna distinguere il lavoro che si ottiene sullo stantuffo da quello che si ha disponibile sull'albero motore. Gli Inglesi al lavoro utile raccolto sulla faccia dello stantuffo danno anche il nome di *lavoro utile indicato*. Di questo una parte più o meno grande resta disponibile sull'albero motore, e si misura col freno di Prony nel modo che sopra si è detto, il rimanente è consumato dagli organi meccanici di trasmissione del moto.

La misura esatta del lavoro del gas o vapore contro lo stantuffo si fa col mezzo di *diagrammi* ottenuti dal così detto *indicatore delle pressioni* od *indicatore di Watt*, che lo ha ideato. Questo strumento ricevette man mano alcune importanti modificazioni, per opera specialmente di Macnaught e di Combes, e trovasi rappresentato dalla fig. 94. Esso consta di un tubo cilindrico di bronzo A di 4 a 5 centimetri di diametro e 30 di lunghezza. Nell'interno di questo tubo e verso la parte inferiore scorre uno stantuffo, pure di bronzo e senza guerniture. La sua asta a esce alquanto al di fuori del cilindro, e nella parte interna superiormente a questo stantuffo è avviluppata da una molla elastica ad elica, fissa per una estremità sulla faccia superiore del medesimo, e per l'altra resa solidaria alla parete superiore del cilindro. L'indicatore è munito alla parte inferiore di una chiavetta c, a cui fa seguito un'appendice tubulare v scanalata esternamente a vite, che serve a fissare lo strumento sul coperchio o sul fondo del cilindro della macchina a vapore, sul quale vuolsi sperimentare. La chiavetta c serve a stabilire e togliere la comunicazione della camera corrispondente del cilindro a vapore col dissotto del piccolo stantuffo dell'indicatore. La pressione sulla faccia superiore dello stantuffo dell'indicatore sarà

sempre quella atmosferica, e secondo che la pressione sulla faccia inferiore sarà superiore, uguale od inferiore alla pressione atmosferica, lo stantuffo sarà spinto all'insù comprimendo la molla, oppure rimarrà immobile, o finalmente verrà spinto all'ingiù dall'eccesso della pressione atmosferica allungando la molla. Così la chiavetta *c* essendo chiusa, lo stantuffo in equilibrio di pressione rimarrà immobile al pari della molla che ne circonda l'asta; aperta la chiavetta, e stabilita la comunicazione tra il cilindro della macchina e quello dell'indicatore, si avrà nei due cilindri la stessa pressione, e la molla si comprimerà ovvero si allungherà, facendo muovere la punta *i* solidale coll'asta dello stantuffo per mezzo di un braccio che scorre entro le scanalatura verticale *f* praticata lungo la superficie del cilindro. Questa punta serve ad indicare sulla scala graduata S, unita allo strumento, l'intensità della pressione che il vapore esercita in una camera del cilindro contro lo stantuffo motore; detta scala si ottiene sperimentando primitivamente quali accorciamenti od allungamenti della molla corrispondano a dati pesi e denotando *zero* quel punto corrispondente ad un equilibrio di pressione da ambe le parti dello stantuffo. Si può così osservare in ogni istante lo sforzo, per esempio, in chilogrammi, che si esercita al di sotto o al di sopra dello stantuffo per effetto dell'eccesso della tensione del vapore sulla pressione atmosferica, o dell'eccesso di quest'ultima sulla pressione che esiste nella camera del cilindro a vapore, con la quale è in comunicazione lo strumento. Variando però ad ogni istante la pressione del vapore, le indicazioni avute da questo strumento sono così rapide e fugaci, che riuscirebbe cosa troppo malagevole e quasi impossibile il registrare il valore della pressione in ogni istante, qualora quest'operazione non fosse fatta dallo stesso strumento. Così l'utilità dell'indicatore di Watt fu meravigliosamente accresciuta con l'aggiunta di un registro, la cui invenzione, secondo l'Armengaud, sarebbe dovuta ad un inglese per noma Field. All'indice *i* fu aggiunto dall'altra parte un matitojo *m* articolato e munito di una piccola molla, che serve a premere dolcemente la matita contro la carta di una tavoletta, la quale era dotata di un moto alterno identico a quello dello stantuffo motore; si ottenevano così due movimenti distinti, di cui è facile combinare gli effetti, cioè uno periodico ed alternativo della tavoletta in senso orizzontale, e quello della matita dell'indicatore in senso verticale, dipendente dalla pressione esistente nell'interno del cilindro motore. In vista sopratutto di rendere più fedeli le indicazioni e più facile la manovra, fu da Macnaught e da Combes alla tavoletta sostituito il tamburo mobile *t*, attorno al quale si avvolge la carta destinata a ricevere il così detto *diagramma*, e che viene fermata col farne passare i due lembi verticali al disotto di due apposite lamine prementi contro il tamburo. Questo tamburo è girevole attorno ad un perno verticale fissato sul sostegno *p*, ed ha inferiormente una piccola scanalatura *g*, su cui si avvolge una fune, fissa per un'estremità sulla circonferenza del cilindro, e per l'altra a qualche organo della macchina dotato, come lo stantuffo motore, di moto alternativo. Si dà così al tamburo un moto di andirivieni periodico; cioè il primo periodo di questo movimento è comunicato per trazione dell'accennato filo, ed il secondo o moto retrogrado dalla reazione di una molla a spirale che trovasi nell'interno del cilindro.

Fig. 94.

Per rendersi un conto esatto della natura della curva o *diagramma* dall'indicatore descritto, e del come esso diagramma ci dia poi il lavoro del vapore su quella faccia dello stantuffo, bisognerà

segnire l'azione del vapore sullo stantuffo, ed il movimento che questo ne riceve. Suppongasi che, tutta la carta avvoltasi sul tamburo cilindrico, e spiegata, si trovata la curva $\alpha \beta \gamma \delta$ della fig. 95. Ammesso che lo stantuffo motore sia al principio della sua corsa diretta, e che la chiavetta c (fig. 94) dell'indicatore sia chiusa, lo stantuffo dell'indicatore rimarrà in equilibrio di pressione, che sarà l'atmosferica, e quindi la matita sempre ad una stessa altezza; per cui muovendosi lo stantuffo motore compiendo tutta la sua corsa diretta, anche il cilindro t girerà, e la matita m descriverà una linea retta P A (fig. 95), la quale in lunghezza ci rappresenta sotto una certa scala quella della corsa dello stantuffo motore, e che prende il nome di linea *atmosferica*. Se poi si apre la chiavetta dell'indicatore, per cui il vapore possa esercitare la sua pressione anche contro lo stantuffo dell'indicatore, pressione che si suppone superiore a

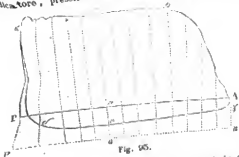



Fig. 95.

quella atmosferica, allora la matita verrà in quell'istante spinta dal punto P sino in α, e si manterrà ad un'altezza più o meno grande a seconda delle variazioni della pressione sul cilindro, o meglio dell'eccesso di questa sulla pressione atmosferica; segnando così una certa linea come $\alpha \beta$, finchè la pressione nell'interno del cilindro motore permane la stessa, la matita traccierà una linea quasi retta ed orizzontale come $\alpha \beta$. Ma un po' prima che lo stantuffo motore raggiunga la estremità della sua corsa diretta, si apre l'orifizio di scarica del vapore contenuto nella camera del cilindro su cui si esperimenta, per dar luogo alla corsa retrograda dello stantuffo. L'apertura di questa luce di fuga del vapore ha per primo effetto quello di produrre una rapida diminuzione di pressione, per cui lo stantuffo dell'indicatore si abbasserà, e la matita traccierà una curva discendente $\beta A \gamma$ più o meno rapidamente fino al punto che corrisponderà alla contropressione del mezzo nel quale il vapore si è scaricato. Così se il vapore uscirà liberamente nell'atmosfera, la curva discenderà solo fino in A e poi ritornerà con una linea orizzontale fin presso al suo punto di partenza, che corrisponde all'istante in cui nuovamente si apre la luce d'introduzione del vapore dalla caldaja nel cilindro. Ma se la macchina è a condensazione, cioè se il vapore passa in un condensatore, allora la pressione si abbasserà al di sotto di quella atmosferica, la curva passerà ancora al di sotto della linea P A, e poichè questa contropressione non si mantiene perfettamente costante nel cilindro, la matita segnando una linea più o meno ondulata ritorna verso la verticale descritta nel primo istante dell'introduzione; ma allora comincia un nuovo colpo di stantuffo, e la matita di nuovo s'inalza, e prima di raggiungere l'altezza della massima pressione incontra la linea atmosferica in P e chiude così il diagramma.

Se la macchina fosse perfettamente ben regolata, i successivi colpi di stantuffo avrebbero luogo sempre nelle stesse condizioni, e la matita non farebbe che passare ripetutamente sulla curva primitivamente tracciata. Ma l'impossibilità di mantenere il vapore nella caldaja sempre ad una stessa pressione, le scosse della macchina ed un'infinità di altre circostanze fanno sì che tal cosa non si avveri anche nelle macchine più perfette, se nonper due o tre pulsazioni di seguito; se però voglionsi disegni ben nitidi, bisognerà limitare le indicazioni ad un sol giro della macchina, e rilevare successivamente, ad ogni quarto d'ora, per esempio, alcuni diagrammi.

Per ovviare all'inconveniente di avere una sola curva, il generale Morin, direttore del Conservatorio di arti e mestieri, ed il signor Garnier, meccanico, a Parigi, hanno trovato modo di avere di seguito uno o più diagrammi su di una stessa lista di carta più o meno lunga. Introdussero poi altre modificazioni, come, per esempio, quella di due molle invece di una sola, facendole così operare sempre per compressione; aggiunsero una seconda chiavetta come la c per porre il di sotto del tubo indicatore in comunicazione coll'aria atmosferica; ma ci basta aver fatto conoscere il principio su cui l'indicatore delle pressioni è fondato, e le sue parti più essenziali.

Non rimane che a vedere in qual modo si possa, avuti i diagrammi, misurare *il lavoro utile del vapore* sulla faccia dello *stantuffo. Il diagramma*, quale si ricava dall'indica*tore, contiene il circuito chiuso* $\alpha \beta \gamma \delta$ *e la linea* P A *della pressione atmosferica*. Si comincierà *dal condurre al di sotto della* linea P A una retta *ad* essa parallela e distante da questa di tanto quanto si abbasserebbe la matita dell'indicatore nell'ipotesi che al disotto dello stantuffo vi fosse il vuoto perfetto. Questa distanza si prende sulla scala dell'indicatore, equi-

valente all' intervallo che misura la variazione di lunghezza subita dalla molla dell' indicatore sotto l'azione di un carico equivalente alla pressione esercitata da un' atmosfera sullo stantuffo nell'istante in cui si fa l'esperienza. Questa linea pn' chiamasi *linea delle pressioni nulle*. Le pressioni misurate sul diagramma a partire da questa linea, come, per esempio, om, chiamansi pressioni *assolute*, e diconsi *relative* quelle misurate a partire dalla linea della pressione atmosferica, come am. Tracciata questa linea, le si conducano due perpendicolari $p\alpha$, $n'\gamma$, che sieno ad un tempo tangenti alla curva del diagramma. La curva $\alpha\beta\gamma$ sarà quella descritta nella corsa diretta dello stantuffo, e la $\gamma\delta\alpha$ sarà descritta nella corsa retrograda. Un'ordinata qualunque om rappresenta la pressione assoluta esercitata sopra l' unità di superficie della faccia dello stantuffo, quando esso occupa la posizione o della sua corsa, ed on ci dà la contropressione, che si aveva nella corsa retrograda, quando lo stantuffo era anche in o; ma siccome ordinariamente le macchine sono a doppio effetto, e la corsa, che è retrograda per una camera del cilindro, diventa diretta per l'altra camera, ne segue che il valore della pressione utile od effettiva sarà misurato dal valore della differenza $om - on = mn$. Noi potremo qui, ripetendo quanto si disse sui diagrammi dei motori animati al numero 1, dire che l'area $p\alpha\beta\gamma n'$ ci rappresenta il lavoro *fatto dal vapore* sopra l'unità di superficie della faccia dello stantuffo considerata, e che l'area $\alpha\delta\gamma n' p$ rappresenta il lavoro *consumato* dalla contropressione del vapore sopra l' unità di superficie dell' altra faccia dello stantuffo; dunque la differenza di queste due aree, cioè l'area del diagramma $\alpha\beta\gamma\delta$, è proporzionale al lavoro effettivo sviluppato dal vapore nella corsa diretta sopra ogni unità di superficie e per ogni giro dell' albero motore.

La misura del lavoro di una macchina a fuoco è così ridotta a trovare l'area del diagramma, o, per meglio dire, di una certa quantità di diagrammi. Si ricorre talvolta alla quadratura approssimata, e specialmente alle regole di Bézout; ma generalmente conviene preferire l'uso del planimetro. Trovata col planimetro l'area di un diagramma espressa in centimetri quadrati, si tratta di trovare il lavoro da essa area rappresentato, espresso in chilogrammetri. Dicasi perciò s l'area suddetta espressa in centimetri quadrati, e sia l la lunghezza pn' (fig. 95) del diagramma espressa in centimetri, dividendo l'area per la lunghezza l, si avrà l' ordinata o pressione media $\frac{s}{l}$ espressa in misure lineari, nel nostro caso in centimetri. Per averla dapprima in atmosfere, suppongasi che un centimetro sulla scala dell' indicatore rappresenti n atmosfere; la pressione media sarà data da $\frac{s}{l}$ n atmosfere, e volendola ancora in chilogrammi sul metro quadrato, siccome la pressione di un'atmosfera corrisponde a 10330 chilogr. sul m. q., si scriverà $\frac{s}{l}$ n. 10330. Questa sarà dunque la pressione media in chilogrammi esercitata durante un colpo di stantuffo su di un metro quadrato dello stantuffo medesimo. Moltiplicando per S area dello stantuffo espressa in metri quadrati, si avrà la pressione totale esercitata contro lo stantuffo, la qual pressione, moltiplicata per la corsa dello stantuffo, cioè per lo spazio da essa forza percorso, che diremo L espressa pure in metri, si avrà il lavoro cercato del vapore su di una faccia dello stantuffo, ed in un colpo di stantuffo, quale appunto era rappresentato dall'area del diagramma, espresso in chilogrammetri da 10330. $S L \frac{s}{l} n$. Se la macchina è a doppio effetto, come quasi sempre avviene, e non siasi ricavato un altro diagramma per l' altra camera del cilindro, si moltiplicherà per 2 questa espressione. Siccome poi cercasi sempre il lavoro fatto dal vapore non già in ogni pulsazione della macchina, ma bensì al minuto secondo, bisognerà, quando si rileva il diagramma, procurarsi ancora il numero di giri o la frazione di giro fatto dalla macchina in quel tempo, osservando su di un contatore il numero di giri dato, per esempio, in un minuto primo, e dividendolo poi per 60.

Sul lavoro quale viene dato dall'indicatore di Watt, bisogna ancora fare una correzione, essendo esso sempre minore del vero: diffatti le fughe del vapore attraverso l' indicatore, la dispersione di calore, e l'attrito che soffre l'indicatore nel muoversi dentro l' apparecchio, sono tutte cause perturbatrici che rendono i risultati ottenuti con simile strumento alquanto minori del vero; onde si suole dai costruttori moltiplicare il lavoro calcolato come sopra si disse per $\frac{9}{8}$. Non solo la fedeltà dell' indicatore rimane scemata dalle accennate cause, ma altre ve ne sono ancora, come, ad esempio, l' inerzia della molla dell' indicatore, l' elasticità delle cordicelle di trasmissione, le quali fanno sì che il contorno dei diagrammi presenti ondulazioni più o meno pronunziate. Se non sono esse troppo sensibili, come, per esempio, quelle nella vicinanza del punto α (fig. 95), se ne può approssimativamente tener conto sostituendovi una curva media. Ma per forti pressioni e per macchine a

vapore a grandi velocità, questa curva media non può applicarsi, e neppure quindi l'apparecchio di Watt.

L'indicatore ci dà il lavoro di una macchina in chilogrammetri od in cavalli-vapori, misurato sulla faccia dello stantuffo motore. Il freno dinamometrico di Prony ci dà il lavoro disponibile sull'albero motore; dividendo questo per quello si ha il così detto coefficiente di rendimento del meccanismo. Non sempre però si può usare il freno di Prony, per il che, volendo conoscere il lavoro disponibile sull'albero motore dietro quello indicato dal diagramma, bisognerà moltiplicare questo per il coefficiente di rendimento del meccanismo, il quale si ritiene ordinariamente uguale ad $\frac{8}{10}$. Dovendosi pure correggere il lavoro dato dall'indicatore, risulta che $\frac{9}{8} \times \frac{8}{10} = \frac{9}{10}$ è il numero per cui deve moltiplicarsi il lavoro somministrato direttamente dall'indicatore di Watt per avere quello disponibile sull'albero motore.

Termineremo osservando che la perdita di lavoro dovuta al meccanismo di trasmissione della macchina dà luogo ad un coefficiente di rendimento del lavoro che è gli $\frac{8}{10}$ del lavoro speso.

Ma vi sono ancora altre perdite di cui è necessario tener conto per giudicare sull'economia di un motore a fuoco. Così il calore che si produce nel forno non può mai venire intieramente utilizzato; una prima parte di calore va perduta nel forno medesimo, e può salire fino al 69 per cento. Inoltre dalla sorgente di calore fino al sito in cui si fa lavorare la massa fluida che passa dal generatore pei tubi conduttori, nel cilindro motore, vi ha continua dispersione di calore e fuga di vapore; terminato di agire, il fluido o si spande nell'atmosfera, o va nel condensatore, abbandonando però sempre una quantità di calore che è in pura perdita; tutte queste perdite di calore relative al fluido, sommate e divise per il calore totale sviluppato dal forno, danno il coefficiente di rendimento del fluido. Onde prima di considerare il coefficiente di rendimento finale di un motore a fuoco, si è costretti a considerare i tre coefficienti di rendimento separati del forno, del fluido, del meccanismo, e moltiplicando questi tre coefficienti fra di loro si ha il coefficiente di rendimento totale del motore. Bisognerà dunque in ogni esperienza notare ancora il consumo fatto dalla macchina in combustibile ed in acqua, ragguagliato all'ora, e per cavallo-vapore di forza, la temperatura esterna dell'ambiente in cui la macchina si trova, la temperatura del focolare, quella del camino, e finalmente la temperatura dell'acqua nel condensatore, e dell'acqua di alimentazione della caldaja.

LE RIVALI DELLA MACCHINA A VAPORE.

I.

La macchina a vapore e la grande industria. — Inconvenienti derivanti dall'applicazione della macchina a vapore alla piccola industria. — L'industria domestica e la conservazione della famiglia. — Importanza sociale delle macchine atte a sviluppare piccole forze. — Vantaggi delle macchine ad aria calda e delle macchine a gas.

La macchina a vapore che nello stato attuale della meccanica è il motore più conveniente, quello che presenta il massimo numero di pregi, quando sia utilizzato nella grande industria, perde a poco a poco tutte le sue belle doti quanto più piccola è la forza che si richiede dal motore. Non son poche le industrie che abbisognano di motori atti a sviluppare piccole forze, corrispondenti al lavoro di un cavallo, di mezzo cavallo od anche meno, ma per quanto piccola sia la forza di cui si abbisogna, è pur mestieri, quando si voglia ricorrere alla macchina a vapore, sostenere ingenti spese di primo impianto. Aggiungi, che ogni macchina a vapore, per quanto piccola, ha pur bisogno d'essere sorvegliata da un meccanico, che convien sempre disporre d'un locale alquanto ampio, di una corrente d'acqua, d'un deposito di combustibile; l'incomodo del soverchio calore e del fumo, il pericolo dello scoppio della caldaia e quello dell'incendio rendono quasi impossibile l'impianto di questa macchina nelle stanzucce abitate dalla classe operaia, nei più alti piani delle case, nei grandi centri di popolazione. Aggiungi ancora, che, per far funzionare la macchina a vapore, è necessario che il vapore sia costantemente mantenuto nella caldaia alla voluta tensione, tanto se la macchina deve lavorare di continuo giorno e notte, quanto se nel corso della giornata essa deve lavorare soltanto interpolatamente, come è appunto necessario nella piccola industria; ma sì in un caso come nell'altro, convien mantener sempre acceso un vivo fuoco nel fornello, se non si vuol sciupare ad ogni ripresa una o due ore per rifornir la caldaia del necessario vapore dotato della voluta tensione. Come ben si comprende, questo motore non presenta i necessarii vantaggi per essere adottato dalla piccola industria.

« La macchina a vapore, come dice il prof. Colombo (1), permette di agglomerare migliaia di operai in un opificio e di diramare in tutti i punti di un vasto stabilimento centinaia di cavalli di forza ad un prezzo che è una piccola frazione della spesa totale d'esercizio e che diminuisce tanto più quanto più è grande la forza della motrice. Ma se la grande manifattura è una creazione moderna, se per essa soltanto l'industria ha potuto elevarsi all'altezza a cui ora si trova, essa non ha mai soffocato del tutto nè giungerà mai a soffocare la fabbricazione in piccolo, l'industria a domicilio che era l'industria de' secoli passati. L'invenzione della macchina a vapore le ha portato un gravissimo colpo, creando e rendendo possibile la grande manifattura; da Watt in poi il lavoro a domicilio ha continuato a lottare contro l'invasione del lavoro all'opificio, contro l'onnipotenza della motrice a vapore; ha tutto tentato per combattere la grande manifattura coi suoi mezzi stessi, ponendosi in traccia di una motrice, la quale, permettendo all'operaio di usufruire piuttosto la propria intelligenza che la propria forza, potesse mettere l'industria a domicilio sullo stesso piede, nelle stesse condizioni della fabbricazione in grande. È una questione di ordine morale, piuttosto che di interessi materiali; la grande manifattura mira a distruggere la famiglia, a privarla per lo meno di uno dei suoi più simpatici attributi, la convivenza, la comunanza d'ogni istante di affetti, di gioie e di dolori. È il sentimento che si dibatte contro la tirannia dell'interesse; ma il risultato definitivo della lotta pende ancora incerto, e non può essere che la conseguenza della soluzione di un problema che è ora l'oggetto di studio insistente, il problema della trasmissione economica della forza a grandi distanze, e della creazione dei piccoli motori. »

Riserbandoci a discorrere, in altra occasione, della trasmissione economica delle forze a grandi distanze, parleremo ora dei piccoli motori proposti in questi ultimi anni allo scopo di dotare la piccola industria di un motore che si presti facilmente ed economicamente alla produzione delle piccole forze, che non consumi se non quando lavora, che presenti tutte le condizioni necessarie per essere stabilito senza pericoli nei meschini locali abitati dalle famiglie operaie, che non domandi assidua attenzione, nè un personale esclusivamente dedicatovi.

La forza (1), nell'opificio domestico, si impiega d'ordinario a intervalli e in proporzioni variabili.

(1) Vedi il citato ANNUARIO SCIENTIFICO, Vol. IV, pag. 553.

(1) Idem, pag. 554.

Quindi se anche un piccolo motore fosse, in principio, meno economico della forza del vapore trasmessa a distanza, l'economia vera ci sarebbe ancora in complesso, poichè con esso è possibile valersi della forza, soltanto in quei momenti e in quelle proporzioni che il processo del lavoro esige senza domandare un dispendio superiore a quello che corrisponde alla quantità effettiva di forza consumata. Questo spiega l'insistenza con cui si propongono continuamente nuovi sistemi di macchine a scoppio di gas-luce, e di altre macchine ad aria calda.

Le une e le altre non esigono l'impianto di una caldaia; quindi è già tolto uno dei più gravi ostacoli all'introduzione del motore nella fabbricazione in piccolo, al quarto o al quinto piano, nelle case ove la popolazione operaia è più addensata. Ma la macchina ad aria calda esige un focolare ed un camino; e questo è un inconveniente che può diventare intollerabile, che può rendere impossibile l'applicazione del motore in moltissimi casi. Un camino, anche se è comune a più macchine, non può essere facilmente installato dovunque; un focolare domanda già, se non un locale apposito, certo uno spazio speciale per la macchina, poi vi è la necessità di un deposito di combustibile, il timore di un incendio; v'è infine la circostanza, più grave di tutte, che la messa in movimento della macchina richiede un'ora di tempo, che il fuoco una volta acceso e la macchina una volta in moto, non si può usare della forza ad intervalli od in proporzioni variabili, senza un dispendio superiore a quello che richiederebbe la forza effettivamente consumata. L'unità di forza potrà costare — in una macchina ad aria calda — la metà od il terzo, quantunque non ci si arrivi mai, che in una macchina a gas, ma questa economia scompare quando si pensi al dippiù di spesa occasionata dall'intermittenza del lavoro; scompare ancor più quando si riflette alle soggezioni, agli incomodi, ai perditempi che la condotta di un focolare trae naturalmente seco, principalmente nelle condizioni in cui si trova la fabbricazione a domicilio. »

II.

MACCHINE AD ARIA CALDA.

Punto di passaggio dalle macchine a vapore a quelle ad aria calda. — La forza idraulica ed il calore del sole. — I fluidi motori. — Un appello alla chimica. — Una risposta della termodinamica. — La prima macchina di Ericsson. — Dilatazione dell'aria riscaldata. — Le tele metalliche. — Nave mossa dall'aria calda. — La seconda macchina di Ericsson senza rigeneratore, ed i suoi successi. — Il faro acustico di Daboll. — La macchina di Laubereau. — Un motore ad aria calda gigante di Belou. — Le macchine ad aria calda di Lehmann.

Dall'epoca antichissima ed ignota in cui cominciarono ad effettuarsi nell'atmosfera che ci circonda i due giganteschi fenomeni della evaporazione e condensazione, ogni giorno nuova e poderosa forza meccanica si svolge e si manifesta in ogni parte del globo. Il calore del sole va di continuo evaporando le acque dell'oceano, ed i vapori, che si producono, vanno di continuo elevandosi nelle più alte regioni dell'aria; nuovamente condensandosi intorno alle montagne, vi si aggruppano in nubi; e ricadendo su queste in forma di pioggia, di grandine, o di neve, e di là scendendo in cascate, torrenti e fiumi, manifestano ovunque e sempre una potenza meccanica indefinita, soventi benefica e talvolta terribile. E l'uomo se ne valse; ma gli antichi, che usarono le correnti dei fiumi a trasportare merci e persone, che ebbero molini mossi da cadute d'acqua, non badarono mai che la forza idraulica era un effetto mediato del calore, non badarono che, se l'acqua esercitava la sua forza scendendo dall'alto al basso, era necessario venisse dapprima portata a quell'altezza; la qual cosa compievasi appunto coll'evaporazione prodotta dal calore del sole.

Ma dal giorno in cui Watt colla invenzione della sua macchina a vapore dimostrò possibile la produzione di forza motrice col dispendio di determinata quantità di calore, da quel giorno gli uomini cominciarono a riguardare *il nuovo agente come principio più diretto ed esclusivo d'ogni forza motrice*, e tosto cercarono *nelle viscere della terra* quei vasti magazzeni, *dove da secoli* e nelle trascorse epoche geologiche il calore e la luce solare avevano certamente dovuto fissare con molta lentezza quella loro sì grande e poderosa forza. Il combustibile fu trovato, e mentre colla combu-

tione al va di continuo riproducendo quel calore che attraversa le macchine termiche e vi si converte in movimento, in lavoro ed in produzione, il carbonio e l'idrogeno di tanti secoli addietro sono nuovamente restituiti all'atmosfera sotto forma di acido carbonico e di acqua.

L'impiego del calore come forza motrice si fece esclusivamente dapprima, ed ordinariamente si fa mercè la elasticità da esso impartita all'acqua che converteei in vapore; e le macchine a vapor d'acqua, cui furono rivolte dal principio del secolo le elucubrazioni dei teorici e le prove dei pratici, furono, siccome vedemmo, portate a tal grado di perfezione, che poco ancora potrebbesi desiderare da queste, massime quanto a regolarità di movimento. Ma se le macchine a vapore hanno preso perciò tale sviluppo da doversi considerare siccome base fondamentale dell'industria e della civilizzazione del mondo intero, e se furono desse la cagione dei tanti prodigi compiutisi in meno di mezzo secolo, se resero possibili le gigantesche officine, le grandiose manifatture, i facili e celerissimi trasporti, non è però men vero che tali macchine, solo congegnate per produrre grandi e continuati lavori, ridussero la piccola industria a non poter più resistere alla concorrenza della grande.

Fortunatamente però il vero dominio dell'uomo sulla forza calore non era ancora del tutto acquistato da quelle invenzioni che diedero al vapore d'acqua un'efficacia quale da nessun'altra forza della natura erasi mai posseduta. L'impossibilità di potere applicare direttamente il vapore alla piccola industria, e d'altra parte il crescente bisogno di sostituire alle braccia umane le docili e potenti forze della natura e di accelerare e rendere più perfetto il lavoro, stimolarono il genio degl'inventori; e mentre gli uni si applicarono intorno al problema della distribuzione della orza motrice a domicilio, altri, più arditi, pensarono tosto sostituire al vapor d'acqua un nuovo agente motore di più facile ed economica applicazione.

Intanto la perfetta e costante trasformabilità del calore in lavoro meccanico era stata provata all'evidenza e coll'analisi e colle esperienze. Nè il solo vapor d'acqua potè considerarsi quale veicolo del calore, quale strumento necessario alla sua azione, quale organo trasformatore della energia termica, ma qualsiasi altro corpo, solido, liquido od aeriforme; perchè gli effetti dinamici del calore si devono ad una semplice dilatazione del mezzo che lo riceve. E diffatti, della totale quantità di calore che si somministra ad un corpo, una parte serve al riscaldamento del corpo stesso conservandosi sempre calor sensibile, e due altre parti sono rispettivamente trasformate l'una in lavoro meccanico che vince la pressione esterna, e l'altra in lavoro molecolare od interno, necessario quest'ultimo per vincere l'attrazione molecolare, o meglio quel complesso di forze che rendono le molecole del corpo dipendenti le une dalle altre.

Ma poichè importa produrre lavoro meccanico col minimo dispendio di calore, la scelta della sostanza da impiegarsi doveva necessariamente cadere fra quelle per le quali meno considerevole riuscisse il detto lavoro interno. Egli è per ciò che lasciaronsi tosto da parte i solidi ed i liquidi, pei quali quel lavoro è assai rilevante, attesa l'energia delle forze molecolari, ed i quali malamente si presterebbero allo scopo per la piccolissima loro dilatabilità, e si ricorse esclusivamente ai gas ed ai vapori, siccome quelli che alla proprietà di richiedere un lavoro interno assai tenue uniscono le altre di essere grandemente dilatabili e di convertire naturalmente in lavoro esterno notevole parte del calore sensibile che contengono, raffreddandosi quando coll'espandersi vincono qualche resistenza. Chè anzi, sotto quest'aspetto, si possono dire i gas assai più convenienti dei vapori, essendo pei primi il lavoro interno assai minore che nei secondi, e perchè questi non si hanno direttamente, ma bisogna prenderli dai liquidi, spendendo in pura perdita il calore che si consuma nel cangiamento di stato fisico.

Poi venne a dirigere le prove degli inventori di macchine termiche il bel principio, che ad ottenere il massimo rendimento d'un motore a fuoco conveniva riscaldare il fluido alla temperatura più elevata possibile, e raffreddarlo alla temperatura più bassa che può convenire. Ma quest'ultima è fissata dal mezzo nel quale viviamo, e quanto alla prima non occorrono molte considerazioni per dimostrare sino a qual limite sia possibile arrivare. Tutti sanno difatti che i vapori, impiegati allo stato saturo, crescono siffattamente di tensione coll'elevarsi della temperatura da non riuscire possibile di spingere la temperatura fino all'ultimo grado compatibile colla buona conservazione delle macchine (e che non è poi molto elevato) per la straordinaria resistenza che i recipienti dovrebbero opporre. Il vapor d'acqua che a 100 gradi centigradi, come tutti sanno, ha la tensione di una atmosfera, a 150° ha già la tensione di atm. 4.7 — a 200° di atm. 15 — a 230° di atmosfere 26.5 — ed a 30 gradi, temperatura massima alla quale si potrebbe, secondo Hirn, arrivare senza bruciare le materie lubricanti e le guarniture, e senza che troppo rapidamente si

consumano le parti confricanti, il vapor d'acqua attuato [...] era già l'enorme tensione di 80 atmosfere. Anche i vapori saturi dei liquidi più volatili dell'acqua, come l'alcool, l'etere, il cloroformio, il solfuro di carbonio, l'ammoniaca, ecc., tuttochè presentino il vantaggio di abbassare al quanto il limite inferiore della temperatura, alla quale potrebbero arrivare utilmente lavorando, hanno anch'essi a ben più alto grado l'inconveniente accennato del rapido salire della tensione elastica per poco se ne accresca la loro temperatura; e poichè quel vantaggio sarà sempre minore di quello ottenibile coll'aumentare la temperatura della sorgente, così ne segue che, invece di cercare i liquidi vaporizzabili a bassa temperatura, assai più converrebbe cercare un qualche liquido che a temperature più elevate avesse le relative tensioni più moderate.

Ora la Chimica non ci diede ancora questo nuovo vapore, che soddisfaccia, pur lasciando da parte l'elevato suo prezzo di costo, alle tante altre condizioni teoriche e pratiche richieste per rendere un motore termico possibile e conveniente; ma ecco suggerirsi dalla Termodinamica agli inventori una nuova via di più sicura riuscita. *Soprariscaldate i vapori*, ella disse a quei pochi che sono con lei nelle più elevate regioni della scienza per istudiarne ogni giorno i sempre nuovi segreti; *i vapori più volatili* avranno allora la preminenza su quelli che svolgonsi a più elevato calore; poichè ad eguale temperatura avranno i primi una tensione minore. E sotto questo nuovo punto di vista ècco l'aria atmosferica (il cui grado di vaporizzazione è sì basso che non riesci possibile di liquefarla coi mezzi fin qui trovati) presentarsi come veicolo termico di incontrastabile superiorità su tutti i liquidi conosciuti. Trattandosi di un gas che si trova in potere di tutti, le macchine motrici ad aria calda non potevano a meno di destare il più grande interesse, e saranno sempre macchine preziose ove sia possibile l'approvvigionamento dell'acqua; poi non abbisognando di caldaia, per l'eliminato pericolo d'una esplosione, sarà possibile usarle perfino dove si fosse da regolamenti locali proscritto l'impiego delle macchine a vapore; nè richiederanno fuochista con esatte cognizioni di scienza.

Non potendosi riscaldare l'aria a temperature molto elevate senza incorrere, colle disposizioni finora provate, in gravi inconvenienti per il buon servizio e la economia della macchina, bisognerà andar contenti di pressioni non molto elevate, ottenendo la forza che si vuole coll'ingrandire la sezione del cilindro motore. Ma appunto per ciò serviranno bene per tutti i lavori dei quali vive la piccola industria, massime quando la forza motrice abbisognasse soltanto a dati intervalli; essendochè nella macchina ad aria basta accendere il fuoco e dare un impulso al volante, perchè dessa in sull'istante lavori, a differenza delle macchine a vapore, le quali esigono che prima la caldaia si metta in pressione, e che in pressione si mantenga anche quando la macchina è ferma, con notevole spreco di combustibile. Saranno in sostanza macchine di poca forza, ma indispensabili ad animare quelle piccole industrie cui oggidì serve ancora la mano dell'uomo. Tuttavia, e ci affrettiamo a dirlo, esse hanno ancora bisogno d'essere più studiate e migliorate d'assai; ma poichè il metodo di usare l'aria calda come veicolo di potenza calorica, ha incontestabili vantaggi dal lato teorico, su quello di servirsi del vapor d'acqua, l'avvenire di queste macchine è decisamente assicurato. Avverrà forse per esse ciò che avvenne per le macchine a vapore, le quali prima di arrivare in punto sì prossimo alla perfezione, come in oggi si trovano, esercitarono le più elette intelligenze di quasi un secolo.

Nel 1833 il capitano Ericsson (1), svedese, presentava al pubblico di Nuova York la prima sua macchina ad aria calda. Gran rumore si fece con quella invenzione negli Stati Uniti non solo, ma anche al di qua dell'Atlantico, dove se ne ebbe la prima notizia ed una descrizione dal giornale *New York Daily Tribune*; e ben a ragione doveano preoccuparsene i teorici ed i pratici, chè il nuovo motore annunciavasi siccome destinato a surrogare le macchine a vapore, funzionando, al dire

(1) Ericsson nacque in Isvezia nel 1803, mostrò fin da giovinetto speciale attitudine per la meccanica, e concepì parecchie invenzioni; non trovando appoggio in patria, si recò in Inghilterra; prese parte, con la sua macchina *Novelty*, al celebre concorso per la fornitura della prima locomotiva; le altre due locomotive erano l'*Impareggiabile* ed il *Razzo* di Stephenson, che ottenne il premio.

Fu uno dei primi a proporre l'impiego dell'elice per la propulsione delle navi; lo applicò ad una navicella lunga circa 13 metri, la quale viaggiò sul Tamigi con la velocità di 10 miglia all'ora. L'ammiragliato inglese si mostrò sfavorevole a quest'invenzione di Ericsson, che fu però giustamente apprezzata dal console americano. Questi propose ad Ericsson, nel 1839, di trasferirsi agli Stati Uniti, a Filadelfia, e così l'ingegnere svedese fissò la sua dimora in quel paese, a vantaggio del quale si costrusse poi il *Monitor*, fortezza galleggiante divenuta funestamente celebre durante la guerra fra gli Stati confederati e gli Stati federali (i separatisti e gli unionisti degli Stati Uniti d'America); quel *Monitor* che produsse la completa trasformazione di tutte le flotte e dei combattimenti navali. Lo stesso Ericsson inventò pure la macchina ad aria calda, e attendeva allo studio delle macchine a sole, quando morì nel febbraio 1889 a Richland (Stato di Nuova York).

de' più moderati, col risparmio dell'ottanta per cento sul combustibile. Ma la promessa di tanto guadagno, se acquistava facilmente il favore degl'industriali, produceva ben altra impressione sul giudizio de' nostri uomini di scienza, e questi non tardarono a sospettare l'inganno, e prima ancora che giungesse fra noi un modello del nuovo trovato, già avevano dimostrata l'impossibilità delle sue pretensioni. Non andò guari che anche in America il favore con cui le novità era stata accolta dette luogo ad una quasi completa ed immeritata dimenticanza: e ciò ebbe data dal giorno in cui, sostituendosi l'accurata esperienza alle vaghe ed infondate speculazioni, si dimostrarono chimerici i risultati che se ne aspettavano l'autore ed i suoi ammiratori. Poche applicazioni ebbe così nell'industria e pochissime nella navigazione questo primo motore ad aria, che, se fu ammirabile in vero per il modo di agire affatto nuovo ed ingegnoso, era troppo deficiente dal lato dell'economia.

Una tra le più antiche di queste macchine di Ericsson che siensi costrutte nell'America, dopo aver colà servito a muovere alcuni torchi da stampa, venne spedita da Ericsson stesso ad Havre in Francia, e colà nelle officine dei fratelli *Mazeline* assoggettata alle opportune esperienze da Combes. Rimandiamo chi volesse conoscere la voluminosa relazione delle molteplici ed accurate esperienze agli *Annales des mines* (5.ª serie, 4.° volume, 1853), ove trovasi eziandio il disegno completo di questa macchina; a noi basta l'indicare sommariamente il modo di agire dell'aria calda.

Diremo anzitutto sommariamente che in questa macchina si imprime un movimento di va e vieni allo stantuffo usando, invece di vapore, una massa d'aria alternativamente riscaldata e raffreddata.

Per riscaldare e raffreddare l'aria si fa uso di ciò che dicesi un *rigeneratore* di calore; cioè si dispongono l'una presso all'altra moltissime tele metalliche a fitta tessitura, le quali supporremo per ora essere state riscaldate fino alla temperatura di 250 gradi, in un modo qualunque. Allora si obbliga una corrente d'aria fredda ad attraversare rapidamente quelle fitta siepe di fili metallici, l'aria si riscalda immediatamente, e riscaldandosi, si dilata (1). L'impulso prodotto dalla dilatazione di quest'aria è utilizzato per spingere uno stantuffo scorrevole nell'interno d'un cilindro, analogamente a quello della macchina a vapore. Quando lo stantuffo giunge all'estremità della sua corsa, quella stessa massa d'aria è obbligata a ripassare attraverso alle tele metalliche. Attesa l'enorme conducibilità del calorico, di cui sono dotati i fili metallici, questi sottraggono, all'aria che è costretta a lambirli, quasi tutto il calorico ad essa poc'anzi ceduto. Per tal modo, l'aria che esce dall'apparecchio ha temperatura ben poco superiore di quella che essa possedeva prima di entrarvi. La rapida successione di questi effetti di alternata dilatazione e contrazione dell'aria, or riscaldata or raffreddata, passando e ripassando attraverso alle tele metalliche, provoca nello stantuffo un movimento di va e vieni: l'aria dilatata — supponiamo il cilindro disposto verticalmente — solleva lo stantuffo, ma quando, subito dopo, l'aria si raffredda, essa necessariamente si condensa e quindi non è più atta a mantenere sollevato lo stantuffo; perciò lo stantuffo discende fino al punto più basso della sua corsa. Un gambo, che sormonta lo stantuffo e che attraversa — a tenuta d'aria — il coperchio del cilindro, utilizza questo moto di va e vieni, come nell'antica macchina di Newcomen o nella macchina di Watt ad effetto semplice. Si può tuttavia ottenere la continuità d'effetti indispensabile in moltissime industrie, accoppiando due cilindri e disponendo le cose in guisa che all'ascesa d'uno dei due stantuffi corrisponda la discesa dell'altro; collegando allora, con articolazioni, le aste di ciascuno dei due stantuffi alle due estremità d'un bilancere, si imprime a quest'ultimo un movimento alternato come nelle macchine a doppio effetto.

Nel 1848 Ericsson costrusse una macchina ad aria calda, della forza di 5 cavalli; all'Esposizione Universale di Londra, nel 1851, i meccanici europei poterono ammirare per la prima volta questa nuova invenzione applicata ad una macchina della forza di 60 cavalli. — Due anni dopo, il 15 febbraio 1853, salpava per una corsa di prova da Alessandria al porto di Washington, la prima nave, denominata l'*Ericsson*, mossa da macchina ad aria calda. La nave misurava circa 80 metri in lunghezza e 14 in larghezza, era della portata di 2200 tonnellate. Le due ruote a palette, collocate sui fianchi della nave, messe in movimento dal-

(1) L'aria atmosferica, passando dalla temperatura di 0° alla temperatura di 100° centigradi, aumenta per circa un terzo (più precisamente $^{367}/_{1000}$) il suo volume; perciò quando la di lei tendenza ad espandersi sia contrastata, quell'aria esercita una corrispondente pressione sulle pareti del recipiente che la racchiude. Alla temperatura di 272° centigradi, l'aria assume volume doppio di quello da essa posseduto a 0°; alla temperatura di 544° essa raggiunge volume triplo e così via, e perciò l'aria riscaldata a 272° esercita, sulle pareti del recipiente che si oppone alla di lei dilatazione, una pressione pari a quella di 2 atmosfere, riscaldata a 544° esercita pressione corrispondente a 3 atmosfere, e così via.

l'aria calda ... misuravano circa 10 metri di diametro e 3 metri di larghezza. La prova riescì felicemente, ma la macchina non poteva essere vantaggiosa come diremo in appresso. Premettiamo intanto la descrizione delle macchine di Ericsson con rigeneratore del calore.

La figura 96 rappresenta la macchina ad aria calda di Ericsson con rigeneratore, come apparirebbe se fosse sezionata *pel lungo*, mercè un piano verticale, in due *parti eguali*. Entro ad un ampio cilindro B, esposto all'azione del fuoco acceso nel fornello H, può muoversi a dolce sfregamento uno stantuffo cavo A internamente ripieno di argilla e gesso, sostanze poco conduttrici del calorico.

Il cilindro B comunica liberamente con l'aria atmosferica mercè le aperture *a a*, lateralmente ad esso si innalza un secondo cilindro indicato con D di diametro alquanto minore, anche in esso scorre a dolce sfregamento uno stantuffo, segnato con C, congiunto mediante verghe rigide *d d* allo stantuffo sottostante. Lo stantuffo C è sormontato superiormente da un robusto gambo E che attraversa, a tenuta d'aria, il coperchio del cilindro D, e si unisce, ad articolazione, con una delle due estremità di un bilanciere, che nella nostra figura non è indicato. F è un robusto cilindro metallico ripieno d'aria compressa. Il cilindro D comunica tanto con l'aria atmosferica grazie all'apertura *c* (che può essere mantenuta aperta o chiusa da una valvola che si apre dall'alto al basso) quanto ancora col serbatoio F grazie all'apertura *e* (mantenuta aperta o chiusa mercè una valvola che si apre dal basso all'alto). Una camera G comunicante a destra col cilindro *B ed* a sinistra col serbatoio F è ripiena di tele metalliche *disposte* verticalmente l'una di fianco all'altra.

Quando sia aperta la valvola *b* e chiusa la valvola *f*, l'aria compressa uscente dal serbatoio F è obbligata a passare attraverso a quella riunione di tele metalliche prima di giungere nel cilindro B. Quando all'incontro la valvola *b* è chiusa e la valvola *f* è aperta, l'aria contenuta nel cilindro B può versarsi pel tubo *g* nell'atmosfera dopo aver attraversate quelle tele metalliche.

Vediamo ora in qual modo funziona la macchina: supponiamo che la valvola *b*, come è appunto indicato dalla figura, sia aperta, e che la valvola *f* sia chiusa; in tal caso l'aria compressa uscirà dal serbatoio F, attraverserà le tele metalliche G, mantenute ad alta temperatura per la vicinanza del fornello H, e perciò subirà un primo riscaldamento, quell'aria giungerà poi nella capacità inferiore del cilindro B e vi si riscalderà ulteriormente. L'aria riscaldatasi tende ad espandersi e, non trovando uscita alcuna, solleva lo stantuffo A. L'ascesa di questo stantuffo obbliga a salire, in causa delle verghe rigide *dd*, anche lo stantuffo C. L'aria precedentemente introdotta pel foro *c* entro alla capacità superiore del cilindro D, sarà obbligata, per l'ascesa dello stantuffo C, ad aprirsi la valvola *e* ed entrerà nel serbatoio F. Questo serbatoio riacquista quindi ad ogni ascesa dello stantuffo tanta aria quanta ne perdette prima, perciò la pressione dell'aria rimane costante entro al serbatoio F.

Quando i due stantuffi A e C sono così pervenuti fino al punto più alto della loro corsa, la valvola *b* si chiude e *la valvola f* si apre. L'aria contenuta nella camera inferiore del cilindro B attraversa nuovamente, ma in opposta direzione, le tele metalliche G e si scarica nell'atmosfera pel tubo *g*. Mancando allora la pressione dal sotto in su, gli stantuffi A e C discendono pel loro peso e per la pressione atmosferica. Nel tempo stesso, la valvola *e* si chiude, la valvola *c* si apre e quindi la camera superiore del cilindro D si riempie d'aria atmosferica. Quando gli stantuffi A e C giungono al punto più basso della loro corsa, la valvola *b* si apre e la valvola *f* si chiude, e ricomincia il movimento ascendente già descritto.

Come il lettore ha già compreso, questa macchina è ad effetto semplice. La forza elastica dell'aria riscaldata serve soltanto a sollevare gli stantuffi ed il gambo E, ma non concorre per nulla a farli discendere. Accoppiando però opportunamente due macchine di questo genere, si può ottenerne un'azione continua facendole agire alternatamente alle due estremità d'uno stesso bilanciere, ne risulta quindi, come nelle macchine a vapore a doppio effetto, un movimento più continuo.

Per ben giudicare questa macchina, e spiegarci il motivo, per cui non ebbe *successo industriale*, bisogna formarci una chiara *idea dell'uffizio cui* può adempire il rigeneratore *nella macchina di* Ericsson, come in ogni macchina ad aria calda. L'estremità del rigeneratore che trovasi verso il cilindro motore è riscaldata ad alta temperatura per la vicinanza del focolare, mentre l'altra resta fredda sotto l'azione dell'aria che le manda ad ogni colpo lo stantuffo del cilindro alimentatore. Ora, egli è manifesto che se l'aria esce dal cilindro motore alla temperatura T, per esempio, attraversando quelle tele metalliche cederà loro una porzione del suo calore, ed eleverà la temperatura di tutte quelle tele al dissopra di quella che prima avevano; le ultime tele rimarranno però quali erano se la grandezza della cassa ed il numero delle tele sarà sufficiente, come dev'essere, per assorbire tutto il calore dell'aria. Quando poi lo stantuffo risale, una quantità d'aria fredda, eguale a quella uscita, sarà chiamata dal serbatojo ad attraversare in senso inverso il rigeneratore, e riceverà calore in misura crescente dalle tele successive, per cui entrerà nel *cilindro ad* una temperatura che sarà *inferiore a T, ma certamente* superiore alla temperatura *primitiva del* rigeneratore; il forno non *dovrà quindi somministrarle* che la quantità *di calore necessaria per portarla* alla temperatura *T, e mantenerla a quella* temperatura durante *l'espansione. Compiuta* un'altra corsa di stantuffo, nuova quantità d'aria sarà espulsa, attraversando il rigeneratore, le cui tele si riscalderanno ancor più, e la nuova aria introdotta, dopo avere attraversato il rigeneratore, richiederà quindi minor quantità di calore dal fo-

colare per essere portata alla temperatura T. Così la temperatura delle tele del rigeneratore andrà sempre crescendo, l'aria che affluirà nel cilindro motore avrà sempre temperatura più alta, e richiederà dal focolare una quantità di calore sempre più piccola; anzi, dopo un certo numero di pulsazioni della macchina, la quantità di calore ricevuto dall'aria esterna nell'attraversare le tele di metallo dovrebbe eguagliare quella che vi è ceduta dall'aria espulsa, ed allora si credeva da Ericsson che non vi sarebbe più nissuna perdita di calore se si potesse impedire l'abbassamento di temperatura della cassa per irradiazione. Ma non

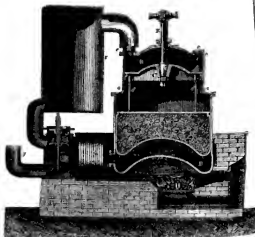



Fig. 96. Prima macchina ad aria calda di Ericsson con rigeneratore, veduta in sezione.

è in alcun modo possibile il ridurre a zero la quantità di calore che il forno deve somministrare all'aria.

Poi un grave difetto è inerente a queste macchine sempre volendo far astrazione dagli attriti dell'aria attraverso il rigeneratore, e consiste nell'abbisognare di troppo spazio rispetto alla sua forza. Così sul battello americano l'*Ericsson* si posero quattro di tali macchine, tutte fra loro eguali, ed in ciascuna al diametro del cilindro motore si assegnarono niente meno che metri 4,27, e alla corsa degli stantuffi metri 1,87; avuto riguardo al numero ed alle dimensioni dei cilindri motori, la forza nominale di poco più di trecento cavalli è piuttosto meschina. Notisi però come il peso di combustibile necessario all'ora e per cavallo fu solo riconosciuto di chilog. 0,8, mentre le ordinarie macchine a vapore ne consumano chilogrammi 2,5.

Ma ben altro aspettavasi il capitano Ericsson dalla sua invenzione. Non tenendo egli conto del calore che dovevasi inevitabilmente spendere per produrre lavoro meccanico, per ritenere costante la temperatura dell'aria, durante l'espansione di questa nel cilindro motore, egli pensava che, bruciato tanto combustibile da portare la macchina al regolare suo funzionamento, potesse l'ulteriore consumo del medesimo venir ridotto a quel poco necessario appena per restituire mano mano al rigeneratore il calore che perdevasi per irradiamento. In breve, leggermente mascherata colle tele metalliche, che tanto preoccuparono la sua mente, il capitano Ericsson ci aveva ingenuamente preparata la chimera del moto perpetuo; egli otteneva quasi gratuitamente il lavoro dell'innalzamento dello stantuffo, egli aumentava, novello creatore, la quantità di forza esistente nell'universo. Fu a questa mira superba che esso dovette lo straordinario favore con cui fu accolta la sua invenzione, come l'ingiusto oblio che la coperse a sì breve intervallo.

Motori ad aria calda, senza rigeneratore, di Ericsson. — L'infelice successo dalla sua prima macchina ad aria non valse ad abbattere il coraggio del meccanico svedese; egli riconobbe, confessò l'illusorietà delle sue previsioni; dopo aver bene studiati gli inconvenienti del suo primo tentativo, affatto lo abbandonò, e pertinacemente si applicò alla ricerca d'una migliore soluzione del vagheggiato problema. Rinunciò al rigeneratore, che, per quanto fosse sorprendente l'effetto delle tele metalliche per la prontezza colla quale assorbivano e restituivano il calore, creava grandi resistenze passive, che non venivano neppure compensate da notevole risparmio di combustibile; migliorò, siccome vedremo, il modo di riscaldamento dell'aria, troppo imperfetto nelle prime macchine, e di non buono effetto; e quindici anni or sono, presentò un nuovo motore ad aria calda diverso dal primo nel principio come nella costruzione, che non tardò a farsi popolare a Nuova York e nella industria di tutti gli Stati Uniti, che venne tosto importato in Europa, e rimase per qualche anno il solo motore ad aria calda nella sfera delle macchine industriali. Essendo esso sprovvisto di rigeneratore, l'aria calda vi è utilizzata come il vapore in una macchina senza condensazione; essa viene ricacciata nell'atmosfera, dopo aver prodotto il suo lavoro sullo stantuffo motore, senza punto raccogliere la restante parte di calore che seco trasporta.

cilindro orizzontale, aperto per una estremità, terminato dall' altra colla cassa del focolare, correvano due stantuffi che avevano ciascuno gambo indipendente l' uno dall'altro. E l'interesse della macchina stava appunto nei movimenti combinati di questi due stantuffi, quando allontanavansi fra loro veniva aspirata dell'aria atmosferica che passava nel cilindro tra i due stantuffi, per essere in seguito spinta coll' avvicinarsi dei medesimi stantuffi dalla parte del focolare a riscaldarsi per produrre il suo lavoro dopo essersi dilatata.

Crediamo inutile di dare maggiori particolari, perchè vedremo fra breve la stessa disposizione riprodotta nelle più perfezionate e più recenti macchine di Laubereau.

Generalmente queste macchine di Ericsson, quali provenivano dall'America, erano assai rozzamente

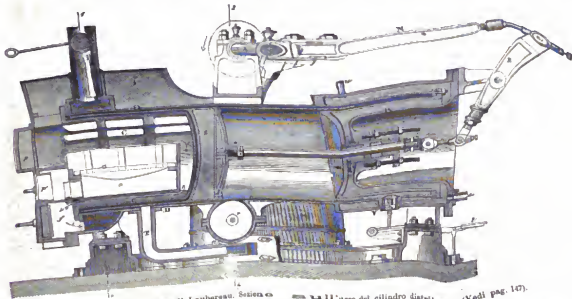



Fig. 97. Macchina ad aria calda di Laubereau. Sezione sull'asse del cilindro distributore (Vedi pag. 147).

costrutte, e gli organi di trasmissione, così numerosi e complicati, in luogo d'essere diligentati e costrutti in ferro per avere la resistenza richiesta con poco peso, erano pressochè tutti di ferraccio, epperciò di dimensioni e di peso esagerati a confronto della debole forza della macchina. Una di queste macchine, costrutta a Parigi sotto la direzione di persone assai esperte, ed espressamente incaricate dall'inventore, per presentarla poi all' Esposizione del 1862, venne esperimentata da Tresca al Conservatorio d'arti e mestieri di Parigi. Quelle esperienze trovansi consegnate negli *Annales du Conservatoire impérial des arts et métiers* (tomo I), ed il disegno della macchina, nel tomo II dell'opera stessa. Il diametro del cilindro era di metri 0,610; la corsa dello stantuffo motore di metri 0,286. La distanza fra i due stantuffi variava ad ogni istante come sopra si disse; il volante di diametro metri 1,80, pesava chilogrammi 450 ed il peso di tutta la macchina era di chilogrammi 2500. La macchina dava in media 42 giri al minuto. La forza *disponibile sullo stantuffo motore* fu trovata col freno *dinamometrico di cavalli-vapori* 1,77. Il consumo *di combustibile per cavallo-vapore* e per ora *fu trovato di chilog.* 4,13, usandosi il coke. La *temperatura dell'aria*, quale usciva nell'atmosfera dopo avere operato nel cilindro, era di gradi 270°. Quanto calore perduto! E notisi ancora che, quantunque la macchina si trovasse nelle più adatte condizioni, il lavoro as-

sorbito dalle resistenze passive di tanti organi era stragande: del lavoro sviluppato dall'aria sullo stantuffo motore, solo il 46 per 100 si potè raccogliere sull'albero motore. Ecco dunque due cagioni che fanno diventare, a parità di forza, il consumo di combustibile maggiore per le macchine ad aria calda, che non per le macchine a vapore. Nelle macchine a vapore l'effetto utile che si raccoglie sull'albero motore è in generale dell'80 per 100; in queste macchine ad aria è solo del 46; nelle macchine a vapore il condensatore serve a raccogliere il calore che per le macchine ad aria va ora perduto nell'atmosfera, essendochè i rigeneratori che tendevano a raccoglierlo, li abbiamo visti cagionare una perdita di lavoro maggiore di quella equivalente al calore che guadagnavano.

La macchina d'Ericsson ebbe il merito di aver dato origine allo studio delle macchine ad aria calda. Ma non ebbe vero successo industriale; ed infatti all'Esposizione di Parigi nel 1867 essa più non richiamò l'attenzione dei meccanici che nel *faro acustico di Daboll*, dove per la specialità del caso nissun altro motore avrebbe meglio servito. Ecco intanto alcuni cenni su questo faro acustico, e sui motivi della sua invenzione.

Erasi da molto tempo provato che una lanterna, per quanto potente, non riesciva allo scopo di additare la via od il pericolo ai naviganti nei tempi di densa nebbia o di tempesta, e precisamente quando ne sarebbe stato maggiore il bisogno; si tentarono altre vie, e si ricorse più volte al suono di una campana; il quale però riesce troppo vago e troppo incerto ad essere distinto, massime quando al rumore del vento, che fischia tra le corde dei battelli, si aggiunge il muggito dal mare in burrasca ed il rumoreggiare del tuono. E se durante la calma è facile avvertire l'intensità del suono, spesse volte avviene di non poter fissare o di sbagliarne affatto la direzione.

Il fischio del vapore che usasi come segnale d'avviso ovunque si abbia un generatore di vapore, servirebbe assai bene anche per i fari, se all'inconveniente di esigere un macchinista di qualche abilità per evitare disgrazie, non si aggiungesse la impossibilità quasi generale di procurarsi in sulle rive del mare l'acqua dolce per l'alimentazione della caldaja, essendo l'impiego dell'acqua salata un po' troppo costoso.

La tromba di Daboll sarebbe se non altro esente da tutti gli inconvenienti citati; è una tromba di grandi proporzioni che riceverebbe il vento da un gran serbatoio d'aria compressa. Una macchina ad aria calda di Ericsson è destinata a comprimere l'aria nel serbatolo; e ben si sa che questi motori non presentano pericolo alcuno, e che qualsiasi operaio, capace soltanto di attivare il fuoco d'una ordinaria stufa, ha tutte le qualità necessarie per esserne il macchinista.

Il suono della tromba di Daboll è di molta potenza, poichè in mare si riesce a distinguerlo a quindici miglia di distanza; nè potrebbe in alcun modo confondersi col muggito delle onde, o col rumoreggiare del tuono. Ed è possibile ancora di variare l'intensità o la successione dei suoni per guisa da trasmettere colle necessarie convenzioni e ad enormi distanze speciali avvisi, qualunque siasi lo stato atmosferico.

L'aria compressa prima di recarsi a lavorare nella tromba deve attraversare una valvola tenuta chiusa da una molla e sforzata ad aprirsi da una ruota a bocciuoli. Ogni qualvolta un bocciuolo batte sulla leva della valvola, si fa sentire un suono nella tromba, e ben si comprende la possibiltà di far segnalare il nome del faro dal numero dei suoni prodottisi in un minuto, o da una determinata combinazione negli intervalli fra i suoni consecutivi. La ruota a bocciuoli è fatta girare per mezzo di ruote d'angolo che ricevono il movimento dall'albero del volante; ma ci pare sarebbe preferibile di ottenere un movimento diretto col mezzo di uno speciale aeromotore; poichè sarà sempre facilissima cosa l'avere nel serbatolo con opportuni congegni una pressione costante; mentre riuscirà troppo difficile l'ottenere la voluta costanza di velocità nella macchina motrice, che troppo risentesi della maggiore o minore attività del fuoco. Non crediamo sia necessario aggiungere che la predetta tromba può essere fatta girare ed essere rivolta in tutti i sensi a seconda dei bisogni e della direzione dei venti.

La tromba di Daboll stata esposta all'Esposizione universale di Parigi era identica a quella del piroscafo *Cuba* della linea di Canard destinata a segnalare la posizione della nave di notte tempo, o durante le nebbie.

Annoveriamo fra i fari acustici esistenti quello di Sambro, che si fa sentire fino ad Halifax, a distanza di 16 miglia. Il governo inglese fece impiantare i fari acustici di Daboll nell'isola di Wight, a Dungenues nella Manica, ed a Glascovia. L'America se ne serve nel porto di S. Francisco, a Détroit, a New-London, a New-Haven, nell'isola Thatcher, nel porto di Boston, a Beaver-Tail, a Narragauset-Bay (1).

L'Esposizione Universale di Londra (1862) aveva intanto fatto conoscere una macchina ad aria calda dovuta al francese Lauberau; essa ricomparve mi-

(1) Dal supplemento alla *Enciclopedia popolare italiana*, vol. VII

l'Esposizione Universale di Parigi dell'anno 1867.

Nella macchina di Lauberau l'aria motrice non è mai rinnovata, ma semplicemente spostata, ponendosi alternativamente la stessa massa d'aria in contatto ora di una sorgente di calore ed ora di un refrigerante; ecco il perchè si dà a cosiffatte macchine il nome di *motori a spostamento d'aria*. La fig. 97 dà una sezione longitudinale della macchina, e la fig. 98 una sezione trasversale per la metà di destra secondo la linea 1-2, e per quella di sinistra secondo la 3-4. Sulla graticola C brucia il combustibile introdotto nella camera di combustione C dalla porta *p*; l'aria necessaria alla combustione entra nel cenerario *c* dalla porta *p* chiusa con registro che serve a regolare l'accesso dell'aria per rendere più o meno attiva la combustione. I gas caldi da questa prodotti, seguendo la direzione indicata dalle saette *s*, discendono dapprima nella camera del fumo *f*, posta sul davanti del focolare, e poscia vanno nel camino F per lo spazio anulare *a* che circuisce il cilindro D. Una valvola a farfalla *v* serve a regolare la chiamata del gas.

Un cilindro distributore D, chiuso ermeticamente alle due estremità riceve dentro di sè dall'una parte la campana cilindrica e concentrica C che costituisce la camera di combustione, e dall'altra riceve pure una seconda campana R, che fa da refrigerante, essendo costituita da due pareti cilindriche e concentriche destinate a ricevere una corrente d'acqua fredda. Uno stantuffo *distributore* S, molto grosso ed internamente ripieno di sostanze isolanti per impedire la trasmissione del calore dal focolare al refrigerante, porta a sè congiunti anteriormente e posteriormente due tratti di tubo *t* che penetrano nello spazio anulare esistente tra il cilindro distributore e le due campane C ed R rispettivamente. Il movimento alternativo di questo stantuffo deve essere prodotto dalla macchina ed a spese del lavoro motore; esso è quindi trasmesso dall'albero motore A ripiegato a gomito per mezzo del nerbo N del bilanciere B imperniato in *f*, e del tirante *n* articolato coll'asta dello stantuffo distributore. In una cassetta di ghisa congiunta inferiormente al cilindro D trovasi una rotella *r* folle intorno al proprio asse orizzontale, destinata a sostenere il tubo *t* dello stantuffo distributore.

Il tubo T serve di comunicazione tra il cilindro distributore ed il cilindro motore M (fig. 98), il quale è verticale, aperto superiormente, essendo la macchina a semplice effetto. Un tirante articolato H unisce direttamente lo stantuffo motore colla manovella motrice *m*.

Accenneremo infine tra le altre particolarità della macchina, ai due tubi *c* ed *u* di entrata e di uscita dell'acqua refrigerante; alla valvola V che apresi colla leva a pedale *l*, e serve ad arrestare la macchina ponendo in comunicazione, se aperta, il cilindro distributore coll'atmosfera, e ristabilendo così l'equilibrio delle pressioni interna ed esterna; all'involucro o rivestimento di muratura refrattaria I per tutta quella parte del cilindro D che contiene il focolare; ed infine al volante, che non è disegnato sulla nostra figura, ma deve ritenersi indispensabile come per qualsiasi altra macchina.

Descritta la macchina nelle sue parti principali, vediamone il modo di funzionare. L'aria motrice passa successivamente dall'una all'altra camera del cilindro distributore D; quando occupa la camera di destra, essa è relativamente fredda; quando invece si trova nella camera di sinistra, riceve il calore che le proviene dal focolare. Suppongasi appunto lo stantuffo distributore all'estremità destra di sua corsa, e contemporaneamente lo stantuffo motore in basso; l'aria trovandosi a contatto del focolare si riscalda prontamente, ed esercita la pressione contro la *faccia inferiore* dello stantuffo motore, il quale muovendosi per la differenza della pressione interna su quella atmosferica, trasmette, durante l'intiera corsa di ascesa, un certo lavoro meccanico all'albero motore A. Ma nel medesimo tempo che lo stantuffo motore si solleva, quello distributore viene dalla macchina ricondotto verso il focolare, per modo che tutta l'aria che occupava dapprima la camera vicina al focolare, e che man mano dilatavasi nel cilindro motore, trovasi posta in comunicazione colla camera destra del cilindro distributore, ossia in contatto del refrigerante. Quest'ultimo farà discendere la pressione dell'aria a tal segno, che la pressione atmosferica diverrà preponderante sulla faccia superiore dello stantuffo motore, e questo prendendo a discendere trasmetterà nuovo lavoro meccanico all'albero motore; e nello stesso mentre lo stantuffo distributore sarà nuovamente dalla macchina ricondotto da sinistra a destra; ultimata così la discesa dello stantuffo motore, ricomincierà una seconda pulsazione *identica* affatto a quella ora descritta.

Vedesi adunque che *il funzionare della macchina dipende essenzialmente dal muoversi alternativo dello stantuffo distributore per far subire all'aria successivamente due temperature differenti*; ed a ben ottenere l'effetto fu ingegnosamente applicato il tubo *t*, che, penetrando nel ristretto spazio anulare esistente fra il cilindro e l'una e l'altra delle due campane, serve ad allungare il viaggio a percorrersi dall'aria nel suo passaggio dal-

l'una all'altra camera, e quindi ad accrescere l'effetto sulla medesima delle due sorgenti di calore; essendochè l'aria in riposo è corpo cattivo conduttore del calore, ma l'agitazione e sovratutto la divisione sua in lame sottili serve ad aumentarne la conduttibilità; e nella macchina in discorso l'aria motrice è costretta, sì nel recarsi al focolare che nel ridursi al refrigerante, ad attraversare il ristrettissimo spazio lasciato tra il tubo t e l'una o l'altra delle due campane C ed R.

La medesima aria che servì per la prima pulsazione serve intanto per le altre successive, rimanendo chiusa nella macchina per tutto il tempo nel quale lavora, nè potendo mescolarsi coll'aria esterna, che quando si apre la valvola V per fermare la macchina.

In diverse macchine costruite da Lauberau si avevano due cilindri distributori ed un solo cilindro motore, ma a doppio effetto.

Risultò da accurate esperienze che la pressione media effettiva dell'aria motrice non può elevarsi

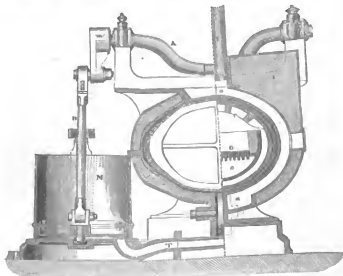



Fig. 98. Macchina ad aria calda di Laubereau. Sezione trasversale sull'asse del cilindro motore.

al disopra di un quarto di atmosfera, essendo la pressione massima di atm. 1,46 e la minima di atm. 0,86; che il consumo di combustibile può ritenersi di 4,55 chilogr. di coke per cavallo di forza e per ora, e che il refrigerante esige nientemeno che 700 litri d'acqua egualmente per cavallo e per ora. Quest'acqua entrando alla temperatura di 17° ne esce riscaldata a 32°. Se si osservi adunque che ad ogni colpo di stantuffo la temperatura media dell'aria motrice deve discendere da 235 a 35°, e tutto il calore corrispondente deve essere asportato dall'acqua refrigerante, ben si deve riconoscere che le macchine con semplice spostamento d'aria non possono essere più economiche delle altre.

Tuttavia il sig. Laubereau, dopo essersi assicurato con molte esperienze che la sua macchina aveva sulle altre ad aria calda una qualche superiorità, ne studiò la disposizione delle parti per modo che occupasse il menomo spazio possibile; collocò verticalmente (fig. 99 e 100) il cilindro distributore a fianco di quello motore; semplificò notevolmente il meccanismo di trasmissione del movimento, e dispose dalla parte del volante una conveniente tromba aspirante e premente, sul genere di quelle così dette dei preti, destinata a somministrare la corrente d'acqua fredda necessaria al refrigerante.

Per le macchine di piccola forza, da uno a quindici chilogrammetri, il focolare può essere costituito, come le due figure ora citate lo mostrano, da un semplice becco di gas-luce, sebbene deb-

che per forze di cinque chilogrammetri è già più economico l'impiego del macchina Laubereau di 15 chilogrammetri di forza consumerebbe 3 metri cubi di gas per cavallo e per ora.

Questa macchina, tuttochè dotata di molti pregi, non può però ritenersi vantaggiosa che per sviluppare piccole forze, perchè diversamente, non potendosi senza danno della macchina elevare la temperatura dell'aria motrice oltre a 300° e la

Fig. 99. Macchina ad aria calda perfezionata, di Laubereau.

pressione assoluta dell'aria a quella temperatura non essendo che di due atmosfere, che corrisponde ad una pressione utile di meno di un'atmosfera, si dovrebbero assegnare al cilindro motore dimensioni inusitate.

Il francese Belou si propose appunto di risolvere questa gravissima difficoltà, e riuscì nell'impegno di costruire una macchina ad aria calda di molta potenza. È la macchina ad aria calda delle più grandi dimensioni finora conosciute, ed ha 120 cavalli-vapore di forza indicata sullo stantuffo motore. In questa macchina l'aria motrice deve attraversare il focolare e mescolarsi ai prodotti della combustione prima di penetrare negli organi motori, donde il nome di motore a focolare interno che suolsi dare alle macchine di questo sistema. Ne daremo una breve descrizione coll'aiuto della fig. 101 che ne rappresenta la sezione verticale fatta sull'asse dei cilindri.

Essendo il motore a focolare interno, la combustione si compie in un tubo orizzontale di ferraccio C chiuso ermeticamente. Il combustibile si introduce in apposita tramoggia *t*, superiormente chiusa con coperchio a vite; per regolare la caduta del combustibile dalla tramoggia sulla graticola del focolare serve un registro con movimento di rotazione intermittente comunicatogli dalla macchina. Si ha insomma ogni mezzo per alimentare e ben regolare la combustione senza aver d'uopo di aprire alcuna porta, la quale ponendo l'interno del focolare in comunicazione col-

Fig. 100. Cilindri della macchina Laubereau veduti in sezione.

l'aria esterna, farebbe immediatamente arrestare il movimento della macchina.

L'aria che deve dapprima alimentare la combustione, e convertita poi in ossido di carbonio ed in acido carbonico entrare riscaldata negli organi motori, trovasi aspirata dall'atmosfera per mezzo di una tromba verticale T aspirante e premente, e a doppio effetto; il suo stantuffo S riceve direttamente il movimento dell'albero motore A per mezzo della manovella L e del nerbo *n*. Questo cilindro alimentatore è convenientemente munito nel coperchio superiore e *inferiore di due valvole* aspiranti, e di altre due *valvole prementi racchiuse* in opportune scatole. *L'aria atmosferica entra* nell'una o nell'altra *camera del cilindro quando* vi è aspirata dallo *stantuffo, e nel retrocedere di* questo trovasi stirata e costretta a passare attraverso le altre valvole recandosi per mezzo dell'unico tubo *b* dapprima nell'involucro che circonda il cilindro motore, e poi per apposito tubo nel focolare chiuso C; una parte di quest'aria è fatta

arrivare al disotto della graticola, l'altra parte al disopra per bruciere completamente il fumo.

Questo miscuglio d'aria riscaldata e d'altri gas prodotti dalla combustione passa poi nel cilindro motore M per mezzo del tubo di comunicazione F; ed essendo il cilindro motore a doppio effetto, quest'aria deve poter entrare ora nella camera inferiore ed ora in quella superiore, donde la necessità di un apparecchio di distribuzione V e W, che ha perfetta analogia con quelli in uso per le macchine a vapore. Quando il fluido motore ha terminato di lavorare sull'una o sull'altra faccia dello stantuffo motore, si scarica nell'atmosfera per il tubo o camino F'. Ben si intende che tutte le valvole di distribuzione sono mosse a tempo debito dalla macchina coll'aiuto di leve tiranti, ecc.

Una certa difficoltà si presenta nel porre in movimento queste macchine, essendo necessario far dare più giri alla macchina prima che dessa possa convenientemente lavorare. Nella cartiera di Auzou e C. a Curset in Francia, dove esiste la colossale macchina da noi riprodotta, si servono all'uopo di una turbine di 50 cavalli, destinata a muovere altre macchine; ma in tutte le altre macchine ad aria calda del sistema Belou trovasi un serbatoio d'aria compressa, nel quale ottiensi dell'aria ad una certa pressione mediante alcuni colpi fatti dare dalla macchina prima di arrestarla; e quest'aria serve poi a vincere le resistenze della tromba aspirante e premente durante la messa in moto della macchina.

Per meglio formarci una idea delle dimensioni che assumono le macchine ad aria calda, appena si ha d'uopo di forze un po' grandi, diremo che la macchina della cartiera di Auzou più sopra descritta ha il considerevole peso di 35,000 chilogr., senza tener conto di quello del volante, che pesa da solo 15,000 chilogr. Il cilindro motore ha m. 1,40 di diametro, la corsa dello stantuffo è di m. 1,50. Il cilindro di alimentazione ha il diametro di 1 m.; essendo eguale alla precedente la corsa del relativo stantuffo. Questi due cilindri sono sostenuti all'altezza del primo piano dello stabilimento da otto colonne di ghisa.

La velocità di regime della macchina è di 23 giri al minuto. Nel cilindro di alimentazione si constatò la pressione massima assoluta di atmosfere 1,94, nel cilindro motore quella di atm. 1,68, la quale si mantiene quasi costante fino ai due terzi della corsa. La differenza in meno della pressione nel cilindro motore su quello di alimentazione, constatata di un quarto di atmosfera, è spiegata dalle resistenze opposte alla circolazione dell'aria nei tubi ed attraverso il focolare. Dei 120 cavalli-vapore di forza che si sviluppano sullo stantuffo motore, 80 se ne richiedono, per muovere il solo stantuffo di alimentazione, per cui volendo tener conto altresì degli attriti nel meccanismo di trasmissione, il lavoro utile e disponibile sull'albero motore può ritenersi tutto al più di 27 cavalli. Ma ad ogni modo questi 27 cavalli si sono ottenuti consumando chilogr. 1,46 di carbon fossile per cavallo e per ora; e tal consumo si accosta moltissimo a quello delle migliori macchine a vapore. Tuttavia l'aria esce ancora dal camino all'alta temperatura di 250°.

Non v'ha quindi dubbio, dal punto di vista ora enunciato, che il far passare l'aria motrice attraverso il focolare è disposizione la più vantaggiosa affinchè la massima parte del calore svolto possa recarsi fin nel cilindro motore; ma per altra parte un miscuglio di gas carburati, d'aria atmosferica, di vapor acqueo, di ceneri e particelle di carbone trasportate dalla corrente dei gas su pei tubi fin nel cilindro motore non può a meno di riuscire alquanto indigesto a tanti organi così delicati.

L'alta temperatura dei gas che si scaricano nell'atmosfera all'uscita del cilindro è ancora il più grande difetto di questo motore; così nella macchina su cennata la perdita di calore fu valutata a 300,000 calorie all'ora. Ma è questa appunto la principale difficoltà da superarsi in tutte le macchine termiche a gas od a vapore finora conosciute; e per quanti sistemi siansi provati, i nove decimi del calore speso per aver forza motrice son quasi sempre perduti in fumo (1).

Accenneremo per ultimo alla nuova macchina ad aria calda di Lehmann, comparsa da alcuni anni nel mondo industriale, e che fu premiata in quest'anno stesso alla Esposizione mondiale di Vienna. Questa macchina è ancor essa a semplice effetto e molto si rassomiglia nella disposizione generale dei meccanismi alle macchine di Ericsson senza rigeneratore; sebbene nel modo di funzionare dell'aria meglio si accosti alle più recenti macchine di Laubereau, essendo come queste senza rinnovazione di fluido. L'aria motrice è dunque in essa semplicemente spostata, ponendosi essa alternativamente in contatto, ora d'una sorgente elevata ed ora d'un refrigerante, donde il nome generalmente dato di motori *a spostamento d'aria*. La macchina di Lehmann ci presenta in sostanza una buona combinazione dei vantaggi che le due macchine di Ericsson senza rigeneratore e di Laubereau suscitate seppero realizzare, e per giunta si distingue da quelle in qualche punto abbastanza importante, come più sotto diremo.

(1) Dal Supplemento alla *Enciclopedia popolare italiana*, vol. VI.

Chi si interessa di macchine motrici ad aria ricorda certamente la macchina d'Ericsson senza rigeneratore, e quella combinazione di movimenti, così singolare nella sua forma, come ingegnosa nei risultati, col mezzo della quale i due stantuffi, distributore e motore, scorrevoli su d'un medesimo gambo, ora si avvicinano tra loro ed ora si allontanano, movendosi con velocità sempre differenti. Quel giuoco è in sostanza paragonabile in tutto a quello degli organi d'una tromba d'aria aspirante e soffiante, la quale aspira l'aria fredda dall'atmosfera, la racchiude in una camera, e poi la spinge tra il focolare e lo stantuffo (distributore) ad esso vicino: ma questa operazione, che risponderebbe ad un colpo doppio di tromba, si effettua invece durante una semplice pulsazione corrispondendo la seconda pulsazione all'azione motrice dell'aria che riscaldandosi si dilata e ricaccia indietro lo stantuffo motore. Nella nuova macchina di Lehmann ritroviamo la stessa disposizione colle seguenti varianti.

Lo stantuffo *motore* chiude ermeticamente la estremità opposta al fuoco di un unico cilindro di ferraccio; ed in virtù d'una cintura di cuoio che gli sta tutto in giro applicata contro la faccia interna, l'aria atmosferica non può penetrare nel cilindro dove regna una pressione costantemente superiore a quella atmosferica; solamente quando vi si formasse un po' di vuoto, la guarnitura permetterebbe all'aria esterna di penetrare per aggiungersi al fluido motore costantemente racchiuso in quel cilindro.

Lo stantuffo *distributore* caratterizza veramente la macchina Lehmann; è una cassa cilindrica di lamiera di ferro (dello spessore d'un millimetro e mezzo) ermeticamente chiusa da tutte le parti, di diametro inferiore di quasi un centimetro a quello del cilindro di ferraccio summenzionato, ed avente una larghezza di ben cinque volte il diametro. Ad evitare ogni spazio nocivo dalla parte vicina al focolare, quella cassa cilindrica è terminata da una calotta sferica pari a quella che termina il cilindro di ferraccio che in quell'estremo risente il contatto diretto del fuoco. A ben guidare un sì lungo stantuffo nel suo moto di andirivieni, ed a diminuirne gli attriti nel punto d'appoggio, fu posto inferiormente (ad imitazione della rotella che s'incontra nelle macchine orizzontali di Laubereau) un rullo ad asse libero, che scorrendo in apposita cavità del cilindro percorre soltanto metà della corsa dello stantuffo.

In una macchina d'un cavallo di forza il diametro dello stantuffo motore è di millim. 349, la sua corsa di millim. 175. Lo stantuffo distributore, la cui lunghezza è di metri 1,527, ha il diametro di millim. 342 ed una corsa di millim. 244. Il meccanismo di trasmissione è poi studiato per modo da potersi idealmente ritenere, a parità di effetto la manovella dello stantuffo distributore calettata in precedenza di 65° per rispetto alla manovella motrice.

Come nella macchina di Laubereau, il cilindro di ferraccio trovasi, dalla parte opposta al fuoco, esteriormente circondato da un involucro; ed una corrente continua d'acqua fredda contorna il cilindro per i tre quinti circa della totale lunghezza.

Quando lo stantuffo motore si trova all'estremità del cilindro e nel punto più distante dal fuoco, qualunque sia la posizione dello stantuffo distributore, l'aria lavoratrice, chiusa per sempre nel cilindro avrà un volume eguale alla differenza fra la capacità del cilindro, ed il volume dello stantuffo distributore: muovendosi poi lo stantuffo motore verso il focolare, quell'aria verrà compressa a temperatura che può ritenersi costante.

Lo stantuffo distributore nella sua corsa verso il focolare sposta l'aria calda in contatto di questo, e la costringe ad attraversare in lama sottilissima, e per tutta la sua lunghezza, lo spazio anulare esistente fra la superficie esterna dello stantuffo e quella interna del cilindro motore; e passando così divisa in contatto dell'acqua refrigerante che contorna il cilindro deve giungere fredda nell'ambiente compreso fra i due stantuffi. Per questa disposizione di cose il volume d'aria che trovasi fra i due stantuffi, variabile colla loro relativa posizione ed avente la temperatura del refrigerante, trovasi sempre comunicare col volume d'aria pur esso variabile che trovasi dalla parte del focolare ed ha la temperatura di questo; epperò la tensione del fluido, tuttochè variabile da istante ad istante, sarà sempre la stessa nelle due camere per un medesimo istante. Cosicchè vediamo già riprodotta con miglioramento la disposizione studiata dall'Ericsson per le sue macchine a rinnovazione di fluido, in virtù della quale l'aria motrice non trovasi mai a contatto dello stantuffo motore se non alla temperatura più bassa; ed ecco evitato il grave difetto che soventi arresta le macchine di Laubereau.

Ciò che più ne sorprende *nella macchina Lehmann* è la non molto studiata *disposizione del focolare*; ed a questo riguardo havvi *ancor molto da fare* per tutte indistintamente le macchine motrici, quelle a vapore comprese. La perdita principale del calore nelle attuali macchine a fuoco ha luogo precisamente nel focolare; la metà del calore che vi si svolge, è inutilmente disperso nell'atmosfera, e quella parte di calore che si trasmette al fluido

subisce sempre nel passaggio una assai brusca caduta. Così l'ulteriore progresso ancor possibile a farsi nelle macchine motrici dipenderà essenzialmente dalle nuove disposizioni che si troveranno per trasmettere al fluido motore una più considerevole parte del totale calore svoltosi nella combustione, evitando per quanto sarà possibile la brusca caduta di temperatura tra il combustibile ardente ed il fluido motore. Non vuolsi dimenticare il precetto importantissimo di Sadi Carnot, il quale ci disse, che quando natura pone a nostra disposizione una certa quantità di calore a temperatura determinata, per ritrarne il più grande profitto, non conviene lasciarlo direttamente passare in un corpo di temperatura sensibilmente più bassa, ma bisogna invece che la trasmissione del calore si faccia fra mezzi di temperatura la meno differente possibile.

A parte il grave difetto del focolare, e l'imperante bisogno di una continua corrente d'acqua fredda, è forza riconoscere in questa nuova macchina alcuni preziosi vantaggi sulle macchine ad aria calda già conosciute. Tutte le parti lavoranti per attrito trovansi solamente a contatto dell'aria sempre fredda; ed anche lubricate nel modo ordinario, resisteranno ad una rapida usura, o consumo; poi l'ambiente nel quale la macchina si trova non risentirà l'insoffribile odore di materie oleose e rancide combuste. Comparativamente alle altre macchine ad aria il suo prezzo di acquisto è abbastanza moderato.

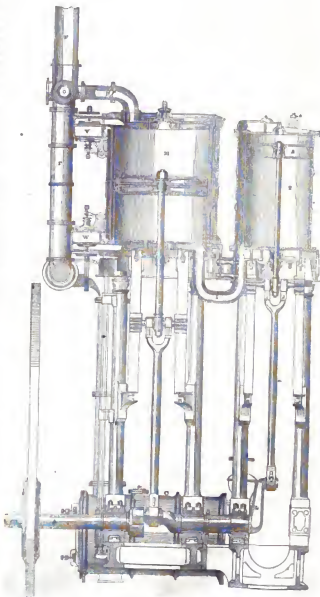



Fig. 101. Macchina ad aria calda di Belou

La macchina Lehmann fu brevettata in Germania ed in Austria. Ne acquistarono il privilegio C. Wölckner ed H. Nehrlich d'Aschaffemburg in Baviera per la Germania del Nord; F. Ringhoffer a Smichow presso Praga, per gli Stati austriaci.

Ecco le dimensioni principali ed il costo della macchina, quali furono pubblicati in una circolare del primo stabilimento meccanico succitato.

Forza della macchina in cavalli. . .	0,5	1	2
Numero dei cilindri motori	1	1	2
Diametro dei cilindro in millimetri .	263	378	378
Lunghezza totale della macchina idem	2400	2800	2900
Larghezza totale idem idem. . . .	800	1000	1000
Altezza totale idem idem.	1150	1500	1500
Numero dei giri per minuto . . .	100	100	100
Prezzo della macchina ad Aschaffemburg . . . . L. it.	1500	1900	2250

L'altra fabbrica di Ringhoffer cominciò subito a costrurre sei di queste macchine, ma le due prime della forza di un cavallo, state impiantate in Praga, costarono lire 2800 ciascuna. Una di questa fu oggetto di accurate e recenti esperienze; i risultati ottenuti e paragonati con quelli delle macchine ad aria calda di Ericsson e di Laubereau state altra volta sperimentate da Tresca, vice-direttore del Conservatorio d'arti e mestieri di Parigi, risultano dal seguente prospetto.

	ERICSSON	LAUBEREAU	LEHMANN
Diametro dello stantuffo motore . . .	0,606	0,440	0,350
Forza raccolta in cavalli-vapore. . . .	1,77	9,8	1,0
Coefficiente di rendimento	0,46	0,40	0,66
Natura del combustibile impiegato . . .	coke	coke	litantrace di Würfelkohle
Suo potere calorifico.	7000 a 7500	7000 a 7500	3500
Consumo di combustibile per ora e per cavallo-vapore in chilogrammi . . .	4,12	4,5 a 5	4,6
Acqua fredda necessaria all'ora e per cavallo di forza in litri	0	720 a 1026	213
Elevazione di temperatura dell'acqua . . .	»	17.°	26.°

Veggasi per maggiori particolari, per lo studio dei diagrammi, e dei disegni della macchina, il Giornale industriale della Società degli ingegneri tedeschi in Boemia, che si pubblica a Praga, ed il coscienzioso lavoro fatto in proposito da G. Delabar nel *Polytechnisches Journal* (1).

III.

MACCHINE A GAS-LUCE.

Le macchine a scoppio di gas. — L'abate Hautefeuille. — Huygens e Papin. — Si perde un secolo in attesa di un Watt. — Il francese Lebon, l'inglese Brown, molti altri nomi e molti altri brevetti. — Anche un nome italiano: Luigi de Cristoforis. — Vantaggi comuni a tutte le macchine a gas — Accensione e scoppio del miscugli di gas-luce e d'aria atmosferica. — Due sistemi di macchine a gas.

Sebbene la combustione del gas-luce non possa dar luogo ad esplosioni paragonabili a quelle della polvere da fuoco, non si può a meno tuttavia di cercare la paternità delle attuali macchine a scoppio di gas nelle esplosioni assai più vive, quantunque meno efficaci, dei primi esperimenti, in cui la forza meccanica della polvere ebbe tutti i diritti di precedenza; nè v'è a maravigliarsi, se per ottenere grandi effetti siasi dapprima e poi sempre ricorso all'agente distruttore il più energico. L'applicazione della polvere da fuoco a produrre forza motrice precede infatti quella stessa del vapore, e Papin non pensò ai servigi che poteva rendergli questo, prima d'essersi occupato di quella.

La storia di cui ci occupiamo risale fino al diciassettesimo secolo, nel 1678, se vuolsi dare la priorità all'abbate di Hautefeuille, o nel 1680, se vuolsi dare ad Huygens, la cui macchina per altro non fu in alcun'opera pubblicata prima del 1693. La prima data è fuori dubbio, giacchè un opuscolo che fa parte delle opere di Hautefeuille, in forma di lettera, del 4 agosto 1678, è intito[illegible]

(1) Dall'Annuario scientifico, Anno VI[illegible], pag. [illegible]

d'élever l'eau par le moyen de la poudre à canon, etc. Vi sono descritti due modi differenti.

Il primo consterebbe di una cassa rettangolare nella quale si introdurrebbe la polvere in *une coulisse en manière de bassinet;* un tubo ricurvo e fissato alla parte superiore di questo vaso pescherebbe coll'altra estremità in un pozzo d'acqua; avvenuto lo scoppio e chiuse le valvole dalla pressione atmosferica, questa pressione istessa spingerebbe l'acqua nel tubo e quindi nella cassa, di dove sarebbe fatta uscire ad ogni volta. Non sarebbe dunque la forza della polvere che giocherebbe, ma solo il vuoto parziale che risulterebbe dal successivo raffreddarsi dei gas prodotti dalla combustione, che ancora erano rimasti nella cassa. L'azione diretta della polvere pareva in sul principio troppo energica per produrre gli effetti che si desideravano, e noi vedremo l'abbandono della forza motrice principale rinnovarsi in quasi tutte le prime macchine inventate.

Intanto l'apparecchio così descritto non poteva teoricamente servire che per altezza di poco superiori a dieci metri, ossia per altezze d'acqua misuranti la pressione atmosferica, ed Hautefeuille suggeriva di sovrapporre tali apparecchi di 10 in 10 metri; chè così sarebbesi innalzata acqua a qualsivoglia altezza. Hautefeuille ebbe tuttavia l'idea di servirsi anche direttamente della forza espansiva della polvere, e nel secondo metodo da lui proposto egli faceva uso di un tubo verticale munito di valvole di ritenuta, la cui estremità inferiore ricurva ad angolo retto pescava nell'acqua, mentre in un piccolo tubo verticale, posto in appendice al precedente, facevasi esplodere la polvere; una parte dell'acqua veniva per tal modo spinta nel tubo durante l'esplosione, ed altra parte vi entrava dopo questa per l'effetto del vuoto che producevasi. L'esperienza, a detta di Hautefeuille, fu solo seguita in piccola scala.

Con tutto ciò, i primi tentativi si ristrinsero a produrre lo spostamento di una colonna liquida, ed in questo havvi singolare analogia con quanto vedemmo già succedere nella storia delle macchine a vapore. L'idea di servirsi di uno stantuffo scorrevole in un cilindro pare per altro doversi ad Huygens, quantunque la data della sua esposizione fatta all'Accademia delle scienze non siasi trovata in alcuna opera prima del 1693, anno in cui si pubblicò un volume intitolato *Diverses ouvrages de mathématique et de physique par Messieurs de l'Académie des sciences*, tra le quali trovavasi pure la memoria originale in questione il cui titolo era: *Nouvelle force mouvante par le moyen de la poudre à canon et de l'air, par M. Huygens de Zulichem*. Tale apparecchio consiste in un cilindro verticale nel quale scorre uno stantuffo: al fondo del cilindro una piccola cavità contiene la polvere e la miccia accesa; due tubi in cuojo pongono la camera del cilindro in comunicazione coll'atmosfera; avvenendo lo scoppio, i tubi in cuojo si dilatano, e l'aria ed i gas escono per essi, finchè la pressione esterna finisce per stringerli di bel nuovo e chiuderli affatto; sì che nel cilindro rimane una specie di vuoto; allora lo stantuffo per la pressione dell'aria esterna prende a discendere, *et il tire ainsi la corde et ce à quoi on l'a voulu attacher*. Ecco, in due parole, la scienza meccanica di quei tempi. Assai facilmente si comprende se quei tubi di cuojo potessero regolarmente operare: valvole di tal natura non potevano a meno di riuscire pressochè inefficaci; così l'effetto non riuscì pari all'aspettazione di Huygens, al quale inoltre non riuscì mai di poter determinare la proporzione di polvere da impiegarsi relativamente alle dimensioni del cilindro.

Doveva essere riservato a Papin di provvedere l'apparecchio di Huygens d'una vera valvola di ritenuta, siccome leggesi negli Atti dell'Accademia di Lipsia pubblicati nel 1688. Ma la macchina di Papin non differiva, quanto al principio, dalla macchina di Huygens; nè nell'una nè nell'altra cercavasi punto di utilizzare direttamente la forza di espansione del gas, ma soltanto il vuoto che producevasi, seguita la detta espansione.

Tuttavia è bene di notare che la macchina a stantuffo, con valvola, ed operante con polvere a fuoco, fu costrutta anteriormente al 1688; circa all'epoca stessa si ebbe dallo stesso Papin la prima macchina a vapore con istantuffo e valvola di sicurezza, e l'inventore, che la descrive negli Atti di Lipsia del 1690, ci dice come egli vi fu condotto da' suoi precedenti lavori, a segnatamente dalla ricordanza del suo motore a polvere; diffatti è rimarchevole che il vapore in quelle macchine agiva pur esso indirettamente, e solo per il vuoto che produceva la sua condensazione; le macchine a polvera e le macchine a vapore d'allora non erano che motori atmosferici.

Se non che le macchine alimentate da sostanze esplosive non trovarono così presto il loro Watt, e durante un secolo intiero, cioè fino al 1790, non fecero progresso, anzi pare che nessuno siasene più occupato, essendochè le diverse raccolte di brevetti non ci danno in proposito indicazione veruna. Solo al 31 di ottobre 1791 John Barber prendeva un brevetto d'invenzione per produrre forza motrice coll'aria infiammabile; ei fu il primo a servirsi dell'idrogeno carbonato, che producevasi a misura del bisogno in apposita cornuta; con esso e coll'aria atmosferica alimentavasi una camera di

esplosione dalla quale usciva un getto continuo di fuoco, a la granda velocità d'efflusso dei gas combusti cominciava a dare l'idea del modo di servirsi della loro forza d'esplosione, che, a dir vero, non era ancora raccolta su di uno stantuffo. Non per ciò si potrà negare a Barber l'invenzione della macchina a gas infiammabili.

Due altri inventori inglesi, Thomas Mead e Robert Street, nel 1794 sperimentarono su macchine speciali, cui è inutile qui riferire; il gas veniva prodotto con olii volatili diversi, ma i risultati dei loro studi non furono sanzionati dalla pratica.

Egli è rimarchevole il vedere quello stesso che enunciò per il primo le idee fondamentali sulla illuminazione a gas, presentire contemporaneamente l'applicazione del gas medesimo alle macchine motrici. Questi è Lebon (1), francese, che nel settembre del 1799 otteneva un brevetto di privativa del suo sistema di illuminazione a gas, sotto il titolo: *Thermolampes, ou poêles qui chauffent, éclairent avec economie, et offrent, avec plusieurs produits précieux, une force motrice applicable à toute espèce d'industrie.* Successivamente nel 1801 egli indicava *les moyens de recueillir cette force expansive, d'en modérer l'énergie et de ne la déployer qu'à mesure et proportion des besoins et de la solidité des machines que l'on pourra employer*, e ci dava tale una descrizione della sua macchina a gas, come l'aveva in mente, che potrebbe servire ancha per le migliori macchine a gas del giorno d'oggi.

E qui se noi dovessimo anumerare solo quanti tentativi si fecero di poi in mezzo secolo per realizzare la macchina di Lebon e portarla al grado di perfezione in cui la incontriamo, dovremmo passare in rivista non meno di sessanta inventori. Ci basterà il dire come l'Inghilterra sia stata la prima a raccogliere i frutti delle scoperte di Lebon, avendo la prima applicata l'illuminazione a gas e fatte le prime esperienze su quei motori. Nel 1806 otteneva favorevoli rapporti la macchina a polvere da fuoco di Niepce; nel 1807 Rivaz proponeva d'accendere la miscela gasosa coll'idrogeno fosforato, che ancor oggi si propone a tale scopo; nel 1810 Henry costrusse un battipalo, in cui la forza di espansione della polvere veniva direttamente applicata a lanciare il maglio. Nel 1823 Samuel Brown tentò applicare al proscingamento di un canale una macchina che operava col mezzo del vuoto risultante dalla esplosione di un miscuglio gasoso; altra macchina simile a questa fu proposta nel 1826 da Herskina-Hazard. Nel 1826 si incontrano pure i nomi di Galy-Cazalat e Dubain, nel 1833 Samuel Welman-Wrigt, nel 1838 Ador, nel 1841 Demichelis et Monnier; questi ultimi introducevano con apposita tromba l'idrogeno e l'aria in un gasometro, dal quale poi la miscela gasosa passava nel cilindro motore. Nel 1842 il sig. Drae di New-York costrusse una macchina ad esplosione: nel 1843 Selligue propose l'idrogeno prodotto colla scomposizione dell'acqua per far muovere i battelli. Nel 1845 si incontrano contemporaneamente Parry e Reynolds; dal 1851 al 1860 si incontrano ancora oltre a ventitre inventori, i cui apparecchi non diedero risultati migliori di quelli dei precedenti (1).

Anche in Italia il milanese Luigi De Cristoforis (2), cui non erano note queste prime ricerche, considerando gl'inconvenienti delle macchine a vapore, e sopratutto il tempo notabile e le molte calorie (3) che impiegano nel portar l'acqua all'ebollizione, calorie che vanno perdute quando le macchine cessano di operare, si studiava pur egli di porgere all'industria tal forza motrice da poterne eccitare e sospendere l'azione con rapidità, senza precedente consumo, senza perdite finali, senza gl'incomodi ed i pericoli del vapore.

Sperava anzi di aver bene iniziata la soluzione di questo problema colla macchina *igneo-pneumatica* da lui immaginata e sino dal 1841 costruita e fatta riporre nel gabinetto tecnologico del reale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti. Serviva essa a produrre in un corpo di tromba una rarefazione capace di sollevare rilevanti masse d'acqua, facendovi esplodere una miscela d'aria e di vapori di nafta. Ed invero negli atti dell'Istituto Lombardo (Milano 1842, Tomo II, pag. 22) si legge che per questo mezzo e col consumo di un volume d'olio, potevansi innalzare dieci mila volumi d'acqua all'altezza di un metro. Pareva anzi

(1) Filippo Lebon nacque in Francia, nel dipartimento dell'Alta-Marna nel 1768, morì trucidato a Parigi il 2 dicembre 1804. Ne riparleremo discorrendo dell'illuminazione a gas.

(1) Dal supplemento all'*Enciclopedia popolare italiana*, Vol. III.

(2) Vedi il rapporto dei signori Codazza, Hajech e Magrini intorno al nuovo motore a gas di Barsanti e Matteucci negli *Atti del Reale Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti*. Volume III, fascicolo XVII-XVIII.

(3) Dicesi *caloria* la quantità di calorico necessaria a portare un chilogramma d'acqua (essendo l'acqua liquida) dalla temperatura 0°C. alla temperatura di 1°C. — Per rappresentare in modo più concreto, per via di esempio, il valore di caloria, accenneremo il numero di calorie sviluppato nella combustione di un chilogramma di diversi combustibili.

Castagno . . . . calorie	3174	Coke [illegible] calorie	6000
Noce . . . . . »	3215	Carbone [illegible]	7750
Rovere . . . . . »	3323	Carbone [illegible] legna »	7800

che l'apparecchio potesse rendersi idoneo ad effetti veramente utili, dacchè il suo inventore era riuscito a fargli ripetere e continuare l'esplosione ad intervalli regolari, consumando una sostanza poco costosa, senza pericolo di guasti e offese agli astanti. Per il che De Cristoforis aveva concepita la speranza che altri più valenti nella meccanica finirebbero un giorno ad applicare direttamente come potenza motrice la forza esplosiva del gas.

Questa speranza non rimase vana. Le macchine a gas non sono più un pio desiderio, sono macchine che ormai funzionano regolarmente, specialmente a vantaggio della piccola industria. Si impiega di preferenza il gas illuminante (gas idrogeno bicarbonato) che, nelle città che ne sono fornite, può essere adoperato più comodamente d'ogni altro.

Nelle macchine a gas non c'è focolare, non si abbrucia carbone, non c'è più bisogno di un camino propriamente detto; un tubo che conduca alla macchina il gas illuminante, e un altro che esporti fuori del locale i prodotti dell'esplosione: ecco tutto quanto si richiede per l'installazione del motore. Se v'è nella città una pubblica condotta d'acqua, si richiederà ancora un tubo che porti l'acqua alla macchina; se non c'è, il motore vien munito di una pompa e di un piccolo serbatoio che tien poco posto, vicino o lontano dalla macchina stessa. Si fa funzionare la macchina, qualunque ne sia la forza, aprendo il robinetto del gas; si arresta la macchina chiudendo quel robinetto; quindi si consuma quel tanto di gas che rigorosamente corrisponde alla forza prodotta ed utilizzata.

Questi son vantaggi comuni a tutti i motori a gas illuminante, di qualunque sistema essi sieno.

Si possono ridurre a due i metodi coi quali si utilizza il gas illuminante per trarne forza motrice. Entrambi i metodi si fondano sul fenomeno dell'accensione e dello scoppio quasi istantaneo delle mescolanze di gas illuminante ed aria atmosferica, fenomeno che molti dei nostri lettori avranno osservato quando si accendono le lampade a gas munite di tubo di vetro. Quando sia aperto (fig. 102) il robinetto che lascia uscire il gas dal beccuccio, basta approssimare una fiamma alla sommità del tubo di vetro e tosto la mescolanza di gas e d'aria atmosferica che riempie quel tubo, si infiamma con forte scoppio.

« In entrambi i metodi di macchine a gas, scrive ancora il Colombo (1), si introducono contemporaneamente, entro ad un cilindro, dei gas illuminante e dell'aria atmosferica, in proporzioni variabili; l'aria atmosferica forma però la maggior parte della mescolanza; mediante una fiamma od anche una semplice scintilla opportunamente introdotta nell'interno di quel cilindro si provoca l'accensione e lo scoppio della mescolanza. In entrambi i sistemi, una continua circolazione d'acqua mantiene a bassa temperatura le pareti del cilindro in cui avviene l'esplosione, e così i vari pezzi della macchina non si trovano esposti a quelle elevate temperature che deteriorano tanto rapidamente le macchine ad aria calda. Qui però cessa la comunanza dei due sistemi di macchine a gas illuminante.

Fig. 102 Accensione d'una mescolanza d'aria e gas illuminante.

« Nell'un sistema si utilizza direttamente la forza sviluppata dall'esplosione, dovuta alla sùbita espansione del gas combusti e dei vapor acqueo che si forma all'atto dell'esplosione della mescolanza. Quel gas e quel vapore, dopo aver agito con la loro espansione sulla faccia di uno stantuffo, passano in un tubo di scarico e vanno a gettarsi nell'atmosfera. Su questo principio si fonda la macchina Lenoir. Si può anche aumentare la forza d'espansione ed utilizzare maggiormente il calore dell'esplosione, introducendo, nel cilindro, un getto di acqua; quest'acqua assorbe calorico e si trasforma in vapore, che agendo per espansione concorre a spingere lo stantuffo motore. Questo è il fondamento della macchina Hugon.

« Nell'altro sistema invece, la forza d'esplosione o non si utilizza o si utilizza solo in minima parte, ma si approfitta del grande abbassamento di pressione che ha luogo immediatamente nel cilindro, dopo l'espansione — che si verifica non appena è succeduta l'esplosione — e del vuoto parziale prodotto dallo scoppio della mescolanza, per lasciar agire la pressione atmosferica sull'altra faccia dello stantuffo; con che si ha una macchina atmosferica ed a semplice effetto. È questo il principio del motore Barsanti e Matteucci.

« Due metodi vi hanno anche per accendere la miscela gasosa al momento opportuno, l'uso della scintilla elettrica ottenuta coi rocchetto di Ruhmkorff, applicato nelle macchine Barsanti e Lenoir, e l'applicazione, estremamente ingegnosa, di un becco di gas, dovuta ad Hugon. »

(1) Vedi il citato ANNUARIO, Vol. IV, pag. 550.

IV.

LA MACCHINA LENOIR.

Ingegno e perseveranza. — Lauti compensi. — Gl'*infiammatori*; il rocchetto di Ruhmkorff; la scintilla elettrica. — La macchina Lenoir in azione. — Il gasogeno Arboz. — Esperimenti sulla macchina Lenoir. — La macchina di Hugon. Esperimenti sulla medesima. — Una caloria sette volte più cara.

Fu il signor Lenoir che pervenne nel 1860 a realizzare l'applicazione pratica delle macchine a gas infiammabile, la cui storia, dopo Lebon, consisteva in una serie d'apparecchi senza sanzione in-

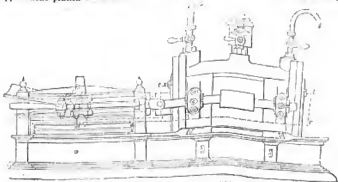



Fig. 103. Motore Lenoir veduto di fronte.

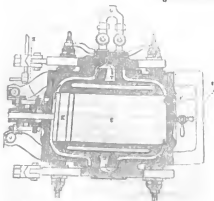



Fig. 104. Motore Lenoir, sezione orizzontale.

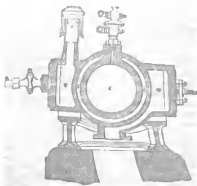



Fig. 105. Motore Lenoir, sezione verticale.

dustriale. Il principio su cui si fonda la macchina Lenoir è quello della grande produzione di calore che ha luogo allorchè una mescolanza di gas combustibili e comburenti vengono per una causa qualsivoglia (per es., per mezzo di una scintilla elettrica) a combinarsi: perciò tutti i gas che si trovano in presenza a tale sorgente di calore si dilatano e si espandono, e produrrebbero lavoro quando si trovassero rinchiusi in un cilindro di cui uno stantuffo fosse mobile, e destinato a comunicare il suo movimento ad un albero motore.

La figura 103 rappresenta il motore Lenoir veduto di fronte, la figura 104 rappresenta una sezione orizzontale, la figura 105 una sezione verti-

cale di questo motore. Come si scorge dall'esame di queste figure, il motore Lenoir presenta molta analogia con le macchine a vapore a cilindro orizzontale.

L'inventore Lenoir era, a Parigi, semplice operaio montatore in una fabbrica di bronzi. Preoccupatosi della ricerca d'un nuovo motore, riuscì a forza di ingegno e di perseveranza a costruire il motore che ora descriveremo. Questo motore funzionò per la prima volta a Parigi nell'officina Levèque nel maggio 1860.

Lenoir trovò largo compenso alle sue fatiche; la sua invenzione fu ben presto apprezzata da tutto il mondo civile; se non siamo male informati, uno speculatore spagnuolo avrebbe acquistato per 100,000 franchi il diritto di privativa in Ispagna, Brasile ed Avana, ed è verosimile che la cessione del diritto di privativa per altri paesi abbia del pari fruttato ingenti e ben meritati compensi all'inventore. Passeremo ora a descrivervi questa macchina ingegnosa:

Nell'interno d'un cilindro orizzontale C, può scorrere a dolce sfregamento uno stantuffo K (fig. 104) dal quale si stacca un'asta che attraversa, a tenuta d'aria e di gas, uno dei due fondi del cilindro. Quando il motore è in esercizio, lo stantuffo K acquista un movimento alternato di va e vieni da destra a sinistra e viceversa e, per conseguenza, anche l'asta si muove in modo analogo; il movimento di va e vieni dell'asta è trasmesso, mediante biella e manovella, come nelle macchine a vapore a cilindro orizzontale, ad un albero od asse che assume un movimento circolare continuo che può essere utilizzato per animare qualsiasi organo operatore.

Il cilindro motore è esternamente circondato da un involucro, di diametro alquanto maggiore del diametro esterno del cilindro; perciò fra la superficie esterna di quest'ultimo e la superficie interna dell'involucro, rimane uno spazio anulare, chiaramente visibile nella figura 105 ove è indicato con le lettere E E. Un velo di acqua fredda proveniente da un serbatoio superiore percorre continuamente quello spazio anulare ed impedisce quindi al cilindro di acquistare elevata temperatura per le accensioni di miscela gasosa che si rinnovano senza tregua nell'interno del cilindro. Quel serbatoio è alimentato da una pompa messa in movimento dalla stessa macchina. Sui due fianchi del cilindro maggiore — che serve di involucro al cilindro motore — sono addossati due cassetti, l'uno che copre la capacità T, regola l'ammissione della mescolanza gasosa del cilindro motore; l'altro cassetto, che copre la capacità T', regola lo scarico, nell'atmosfera, dei prodotti della combustione (vapor acqueo ed acido carbonico) che si sviluppano nell'interno del cilindro, ad ogni corsa dello stantuffo. Entrambi quei cassetti vengon messi in movimento da eccentrici fissati, come nelle macchine a vapore, sull'asse della macchina. Un tubo G (fig. 104) proveniente dalla condotta del gas illuminante o da apposito serbatoio, si biforca in vicinanza al cilindro, entrambi i rami in cui questo tubo si bipartisce son provveduti di robinetto; a seconda che rimane aperto l'uno o l'altro di questi due robinetti, il gas illuminante penetra nell'una o nell'altra delle due capacità in cui lo stantuffo divide il cilindro. Quando il cassetto occupa la posizione indicata dalla figura 104, il gas illuminante giunge nella capacità sinistra dello stantuffo, dopo aver attraversata la camera T nella quale si è mescolato con aria atmosferica, giuntavi pel tubo A (figura 105).

Lo stantuffo incomincia a muoversi verso destra e, grazie a questo movimento, aspira nuova aria e nuovo gas nella capacità sinistra del cilindro.

Quando codesta capacità è sufficientemente riempiuta di aria e gas, la macchina stessa chiude l'ingresso all'aria ed al gas; nel medesimo istante scocca — come spiegheremo fra breve — una scintilla elettrica, nella capacità sinistra del cilindro. La mescolanza d'aria e gas illuminante esplode, l'idrogeno contenuto nel gas illuminante si combina con una parte dell'ossigeno dell'aria producendo acqua e vapor acqueo; il forte calore che risulta da questa combinazione, dilata enormemente i gas non combinatisi e perciò questi spingono lo stantuffo fino al termine della sua corsa, ossia fin presso al fondo destro del cilindro.

Nel frattempo escono dalla capacità destra del cilindro, passano nella camera T e si scaricano nell'atmosfera tutti i residui della combustione precedentemente operatasi in questa capacità.

Mentre lo stantuffo sta per toccare il fondo destro del cilindro, il movimento generale della macchina inverte la posizione dei due cassetti, la mescolanza d'aria e gas illuminante penetra nella capacità destra del cilindro, si infiamma in virtù dell'elettrica scintilla; i gas dilatati spingono lo stantuffo verso sinistra, nel mentre i prodotti della combustione precedente, esistenti nella capacità sinistra del cilindro, passano nell'atmosfera, grazie alla nuova posizione assunta dal cassetto di scarico comunicante con T'. Lo stantuffo, continuando così a scorrere da destra a sinistra e viceversa, imprime, mercè la biella e la manovella, un continuo movimento di rotazione all'albero motore.

Uno dei pregi principali del motore Lenoir consiste nel modo con cui si opera la mescolanza dell'aria col gas illuminante. Grazie ad esso, l'esplosione prodotta dallo scoccare della scintilla elettrica non è istantanea, l'infiammazione del gas è graduale e non dà quindi luogo ad urti e scosse violenti che comprometterebbero in breve la durata della macchina. Lenoir raggiunse lo scopo, costruendo molto ingegnosamente il cassetto che regola l'ammissione del gas ora nell'una, ora nell'altra delle due capacità del cilindro. Però i limiti di questo scritto non ci permettono di descrivere minutamente la conformazione di questo cassetto.

Dobbiamo dirvi ora in qual modo si può far scoccare la scintilla elettrica, nell'istante voluto, ora nella capacità destra, ora nella capacità sinistra dello stantuffo.

Nel basamento che porta il cilindro motore è collocata una batteria elettrica composta di due elementi di Bunsen che mantengono in attività un rocchetto d'induzione di Ruhmkorff. Da ciascuno dei due poli di questa batteria elettrica parte un filo metallico; il filo che parte dal polo negativo, giunge a contatto col cilindro, il quale essendo di metallo è ottimo conduttore dell'elettricità, sussiste quindi una continua comunicazione elettrica fra la batteria ed il cilindro; l'altro filo, quello che parte dal polo positivo si biforca, ciascuna delle sue due estremità attraversa un forellino praticato in un cilindretto di porcellana (o d'altra sostanza isolante), il quale attraversa, alla sua volta, a tenuta d'aria, lo spessore del fondo del cilindro. Con tale disposizione, ciascuno dei due fondi del cilindro è attraversato dal filo conduttore, pur sussistendo l'isolamento fra questo filo ed il cilindro metallico. L'estremità di questo filo, foggiata in punta aguzza cui si dà il nome di *infiammatore*, si protende per breve tratto nelle due capacità, destra e sinistra del cilindro, ogni qualvolta, mercè la disposizione che descriveremo fra breve, il circuito elettrico rimane chiuso; la scintilla scocca dalla punta aguzza ed infiamma la mescolanza gasosa che occupa la capacità destra o sinistra dello stantuffo, a seconda che lo stantuffo si dirige rispettivamente a sinistra ovvero a destra. Nelle figure 103 e 104, i fili conduttori sono indicati dalle punteggiate *f f*. L'apparecchio che serve a provocare ora la chiusura, ora l'interruzione del circuito elettrico, è rappresentato, nella figura 105, in *a b c d*. Il circuito elettrico si chiude e quindi scocca la scintilla in una delle due capacità del cilindro, nell'istante in cui lo stantuffo muovendosi verso l'altra capacità, ha aspirato, dietro a sè, sufficiente quantità di miscela gasosa.

La fig. 106 varrà a far comprendere l'ingegnosa disposizione che permette di ottenere la chiusura del circuito, e quindi lo scoppio della scintilla, nell'istante opportuno. Tre piastre metalliche *a b*; *c d*; *e f* (che veggonsi in scala più piccola, anche nella fig. 105) sono fissate, orizzontalmente, sul sostegno che porta tutta la macchina; la piastra

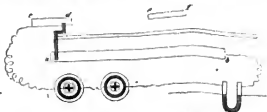



Fig. 106. Apparecchio che regola lo scoppio della scintilla elettrica.

a b comunica, mediante filo metallico, col polo positivo della batteria elettrica; le piastre *c d*, *e f* comunicano mediante fili metallici, l'una con uno l'altra con l'altro dei due *infiammatori*; queste due piastre sono quindi in comunicazione elettrica col polo negativo. L'asta o gambo dello stantuffo, che nella fig. 106 è rappresentata da due linee rette parallele, scorre orizzontalmente da destra a sinistra e viceversa, mantenendosi sempre parallela a quelle tre piastre. All'estremità dell'asta dello stantuffo è applicata trasversalmente una molla d'acciaio; quando l'asta occupa la posizione indicata nella fig. 106, la molla d'acciaio stabilisce una comunicazione elettrica fra la piastra *a b* e la piastra *c d*; quando l'asta, muovendosi da sinistra verso destra, sarà prossima al termine della sua corsa, quella molla d'acciaio stabilirà analogamente una comunicazione elettrica fra la piastra *a b* e la piastra *e f*. Notiamo infine che il tratto *d e* è ricoperto d'una lastrina di vetro o d'altra sostanza isolante; con tale disposizione, l'estremità superiore della molla d'acciaio — trascinata dal movimento, verso sinistra, dell'asta dello stantuffo — varcherà tutto il tratto *d e* senza trovarsi in comunicazione elettrica col polo negativo cui sono congiunte le due piastre *c d*, *e f*. In altri termini: la corrente che giunge dall'apparecchio d'induzione alla piastra *a b* passa alternatamente, attraverso alla molla d'acciaio, ora nella piastra *c d*, ora nella piastra *e f* e passa quindi mercè i fili conduttori, ora nell'uno ora nell'altro dei due infiammatori.

Ciò posto, vediamo come la macchina funziona. Supponiamo che lo stantuffo sia prossimo al fondo sinistro del cilindro e facciamo girare a mano, per breve tratto, il volante per far così progredire lo stantuffo alcun poco verso destra; lo stantuffo lascerebbe il vuoto dietro sè, se la posizione del cassetto superiore (fig. 104) non permettesse l'ingresso della miscela gasosa nella capacità sinistra del cilindro; la miscela spinta dalla esterna pressione si precipita in quella capacità, e riempie il vuoto rimasto dietro lo stantuffo, nella capacità sinistra del cilindro. Lo stantuffo trae seco anche l'asta e la molla d'acciaio, questa viene finalmente a contatto con l'estremità *e* della piastra *e f* (fig. 106), il circuito elettrico risulta chiuso, la corrente elettrica giunge all'infiammatore sinistro, la scintilla scocca ed accende la mescolanza gasosa. L'idrogeno del gas illuminante si combina con l'ossigeno dell'aria producendo un rilevante svolgimento di calorico; i gas contenuti nella capacità sinistra del cilindro aumentano rapidamente di volume e spingono lo stantuffo fino al termine della sua corsa; la manovella supera il punto morto in virtù della velocità acquistata dal volante e così lo stantuffo incomincierà a indietreggiare [illegible] in pari tempo il cassetto inferiore avrà [illegible] posizione, i gas rimasti nella capacità sinistra del [illegible]

nella camera T' o di là si reeberanno nell'atmosfera. Lo stantuffo muovendosi verso sinistra promuoverà l'ingresso della miscela gasosa nella capacità destra del cilindro; giungerà un istante in cui la molla d'acciaio — fissata sul gambo dello stantuffo — toccherà l'estremità *d* della piastra *d c*, allora la corrente elettrica giungerà all'infiammatore destro, scoccherà la scintilla e lo stantuffo continuerà a muoversi verso sinistra per l'espansione dei gas infiammati nella capacità destra del cilindro. La manovella supererà il secondo punto morto, lo stantuffo ricomincerà a muoversi verso destra e ripetendosi le fasi già indicate, la macchina continuerà a muoversi fino a che continuerà ad entrare la miscela gasosa e la corrente elettrica sarà mantenuta.

Fu constatato il vantaggio di introdurre un getto d'acqua nell'interno del cilindro a destra e sinistra dello stantuffo, quando questo è giunto a metà di sua corsa. Serve assai bene l'acqua calda che sta intorno al cilindro, essendochè per l'alta temperatura essa contiene molto vapore acqueo. L'introduzione si fa mediante un tubo che si divide in due rami. Ciascun ramo è munito di chiave regolatrice, e là dove penetra nella corrispondente camera del cilindro trovasi una valvola conica aprentesi verso l'interno del cilindro stesso, e mantenuta chiusa coll'aiuto di una molla ad elica; essa permette l'entrata del vapore quando si è prodotto il vuoto nel cilindro, e siccome durante l'esplosione che succede sempre alla metà della corsa dello stantuffo, il vapore introdottosi nel cilindro rimane soprariscaldato, così la sua tensione si unisce a quella del miscuglio gasoso per operare sullo stantuffo motore

Un gasometro o serbatoio è indispensabile per diminuire l'influenza della presa di gas dalla condotta principale; giacchè, come ebbe a verificare il signor Tresca nelle sue esperienze, non essendovi gasometro, tutte le fiamme che si trovavano nel circuito di dieci metri, dopo pochi istanti che la macchina era in funzione, si sono spente; tutte quelle dell'anfiteatro del Conservatorio erano soggette a variazioni tali di intensità di luce, che era impossibile di tollerarle; mentrecchè, messo fra la condotta principale e la macchina un serbatojo della capacità di 300 litri, non ebbe più ad osservare variazione sensibile nella intensità della luce delle fiamme anche più vicine. Per le piccole forze, cioè inferiori ad un cavallo-vapore, basta una borsa o vescica di sufficiente ampiezza applicata al tubo conduttore del gas alla macchina; un piccolo gasometro della capacità di circa 300 litri fu riconosciuto indispensabile per una macchina della forza di un cavallo.

Alcuni anni or sono il signor Arboz, professore di chimica a Barcellona, aveva proposto di unire alla macchina un gasogeno speciale ad acqua, cosa utilissima per le località prive di fabbrica di gas-luce. L'apparecchio è fondato sulla nota decomposizione del vapor d'acqua in contatto dei carboni accesi, e si compone di due recipienti distinti, cioè del generatore e del purificatore. Un recipiente cilindrico, terminato superiormente da una calotta sferica mobile, vien diviso da una graticola in due scompartimenti; in quello inferiore, alto m. 0,25, si vaporizza l'acqua, che vi è condotta goccia a goccia per mezzo di un tubo da un apposito serbatojo annesso al gasogeno; la camera superiore, avente l'altezza di metri 0,75, è ripiena di polvere di carbone incandescente che posa sulla graticola, e la combustione vi è attivata da un ugello. Accesosi il carbone, si apre il robinetto che lascia entrare l'acqua nella camera inferiore; quest'acqua passa istantaneamente allo stato di vapore, ed attraversando il carbone viene decomposta; si ottiene acido carbonico, ossido di carbonio ed idrogeno. Questo miscuglio gasoso viene condotto in altro recipiente pieno d'acqua di calce, dopochè si raccoglie idrogeno carbonato con traccie di ossido di carbonio; il gas così preparato viene direttamente aspirato dal cilindro motore di Lenoir. A detta dell'autore, sarebbe tale l'economia prodotta da questo gasogeno, che converrebbe rinunziare anche alle condotte di gas-luce esistenti; ci mancano però notizie di esperienze fatte in proposito.

Accurate esperienze sul motore Lenoir furono eseguite dal signor Tresca al Conservatorio d'arti e mestieri di Parigi. Le prime vennero eseguite dal 7 all'8 gennaio 1868 sopra una macchina Lenoir costrutta dal meccanico Marinoni; in questa macchina il diametro del cilindro motore era di soli 18 centim., e la corsa dello stantuffo di 10 centimetri. L'esplosione del gas aveva luogo circa alla metà della corsa dello stantuffo. La velocità si mantenne piuttosto regolare ed in media di 129 giri al minuto primo. La potenza della macchina, trovata mediante freno dinamometrico di Prony, risultò di cavalli-vapore 0,56; si riconobbe inoltre che il consumo di gas era di 3000 litri almeno per cavallo-vapore di forza e per ora: e che il gas entrava nel miscuglio detonante per soli 9 centesimi del volume totale; che il solo calore asportato dall'acqua di circolazione superava il 52 per 100 del calore totale sviluppato dalla combustione; al quale calore perduto converrebbe aggiungere quello che viene portato via dai gas bruciati nell'uscire dal cilindro, non che quello che si disperde per irradiamento dalle parti fortemente riscaldate dalla macchina.

Coll'indicatore di Watt si ricavarono parecchi diagrammi, e la maggiore ordinata, che venne ri-

cavata da essi, corrisponde ad una pressione relativa di atmosfere 4,87, ossia ad una pressione assoluta inferiore a 6 atmosfere; quindi non sarebbe guari superiore a quella delle ordinarie macchine a vapore.

Il signor Tresca così riassume il risultato delle sue esperienze: il gas illuminante entra nella mescolanza detonante per il decimo del volume totale; il medesimo sembrava bruciato completamente, non contenendo che traccie d'idrogeno e d'ossido di carbonio; il consumo di gas per ora e per cavallo è di circa metri cubi tre; l'acqua di circolazione esporta almeno la metà del calore sviluppato dalla combustione; una macchina a gas delle indicate dimensioni fornisce circa la potenza d'un mezzo cavallo-vapore, camminando a 130 giri per minuto.

Esso poi conchiude colle seguenti osservazioni pratiche; la velocità della macchina è assai variabile: il fallo di una sola immissione di gas basta per arrestarla; quando s'incammina la macchina, bisogna far dare al volante molti giri, mantenendo aperti i robinetti lubricatori, e l'olio va somministrato in modo piuttosto abbondante, e va rinnovato ad ogni quarto d'ora, se si vuole avere un andamento un poco più regolare e costante; il consumo dell'olio non può stimarsi inferiore a 500 grammi per giorno, secondo l'asserzione del meccanico incaricato di condurre la macchina. Allo scopo di ottenere effetti migliori, la pratica ha suggerito al signor Marinoni di far produrre lo scoppio prima che si chiuda completamente il cassetto di distribuzione.

Risultati più favorevoli si ottennero di poi su di un'altra macchina di maggior forza dallo stesso Tresca, con esperienze eseguite dal 15 al 25 marzo. Il diametro del cilindro motore era di 24 centimetri, e la corsa dello stantuffo di 12 centimetri. L'ammissione del gas si faceva durante un poco più della metà della corsa. La macchina era in tutte le sue parti perfettamente eseguita. Si dedusse che tale macchina consumava soli 2744 litri per cavallo e per ora, avendo però luogo un tale consumo minimo quando si introduceva nella macchina la massima quantità di gas illuminante che le luci di immissione permettevano; che se invece si diminuiva la proporzione del gas col limitare di un tal poco le luci di immissione, il consumo del medesimo per cavallo e per ora aumentava in modo considerevole. La macchina in discorso fu riconosciuta lavorare nelle migliori condizioni per rapporto alla economia del gas e alla conservazione della macchina, quando essa sviluppava un lavoro non molto superiore ad un cavallo di forza. Con accurate esperienze si trovò che la pressione nel cilindro non si sviluppa che ad una distanza media di 8 centimetri a partire dal principio di ciascuna corsa e, di più, l'istante in cui succede lo scoppio sembra differire di assai da quello che dovrebbe essere, stando alle condizioni materiali dell'esecuzione della macchina. Questi ritardi allo scoppio aumentano considerevolmente col crescere della velocità della macchina, e quindi è che una macchina Lenoir non potrà lavorare egualmente bene con una velocità qualunque; la

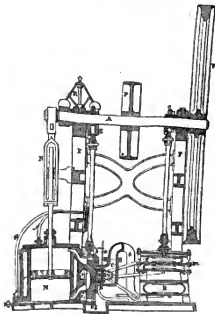



Fig. 107. Motore a gas-luce di Hugon.

velocità di 100 giri per minuto primo parve già a Tresca un tal poco esagerata. Si constatò pure che la massima pressione ha luogo nel cilindro quando lo scoppio succede il più prossimo che sia possibile alla metà della corsa dello stantuffo; essa è assai minore quando la combustione è ritardata.

Anche in questa seconda macchina potea ritenersi la combustione siccome perfetta; difatti i prodotti della combustione esaminati dal signor Brustlein, sotto la direzione del sig. Bousingault, non contenevano che 1 centesimo in volume di idrogeno libero o di idrogeno carbonato. Paragonando però i risultati dell'analisi fatta dal signor

Boussingault con quelli che si dedurrebbero dalla composizione chimica del gas e dell'aria introdotti, mentre si trovano per l'azoto e per l'acido carbonico cifre pressochè identiche con quelle che dà l'analisi diretta dei prodotti della combustione, si trova scomparsa una quantità d'ossigeno maggiore di quella che risulta dal calcolo; il che fa sospettare che una certa quantità d'olio, che serve all'ingrasso della macchina, venga durante l'esplosione abbruciata, oppure che in qualche punto della macchina il metallo si ossidi sotto l'influenza della temperatura troppo grande alla quale la macchina si troverebbe esposta.

L'acqua consumata per raffreddare le pareti del cilindro non deve essere minore di 120 litri per cavallo e per ora; con tutto ciò i gas residui della combustione escono dal cilindro con una temperatura non inferiore a 220°.

Dai calcoli eseguiti per determinare il calore esportato dall'acqua di circolazione e dai gas che sfuggono pel camino, il calore che si trasforma in lavoro, e le perdite che hanno luogo per irradiaziona od altre cause, si ricaverebbe che il 69 per cento del calore svolto dalla combustione verrebbe portato via dall'acqua e dai gas, che solo il 4 per cento verrebbe utilizzato cioè trasformato in lavoro meccanico, e che il 27 per cento va ancora perduto per le altre cause accennate. Dalle quali cifre si inferisce che anche le macchine a gas infiammabili, siccome quelle a vapore, non utilizzano di più dei quattro centesimi del calore totale impiegato.

Tuttavia, paragonando il numero di calorie che svolgonsi in una macchina a vapore con quelle occorrenti per una macchina a gas, si trova che il combustibile è assai più utilizzato nelle macchine a gas che non lo sia nelle macchine a vapore: ma la cosa corre ben diversamente dal punto di vista economico; e le macchine a gas restano al di sotto di quelle a vapore pel prezzo relativamente più caro del combustibile che esse consumano; ed a questa spesa principale bisogna ancora aggiungere quella dell'olio, che fu ritenuta di lire una al giorno, ossia lire 0,10 all'ora, avendo la macchina in un lavoro di dieci ore consumato 365 grammi d'olio. Detta spesa è indispensabile e continua, poichè la macchina si rallenta nello spazio di 15 minuti se non si ha cura di fornirla d'olio in modo abbondante e continuo. Le due coppie di Bunsen indispensabili per produrre le scintille di accensione consumano circa un centesimo e mezzo ogni ora.

Questa macchina ha bisogno di venire frequentemente ispezionata e pulita, ed esige per ciò stesso di esser sopravvegliata da un uomo pratico, che sappia all'occorrenza scomporne e ricomporne le diverse parti, non che mantenere in azione continua le pile, e ben forbiti e lucenti i punti di contatto nel cursore colle lamine metalliche che servono a trasmettere ed interrompere la corrente.

Malgrado questi inconvenienti, la macchina Lenoir è per la piccola industria un eccellente ed economico motore; imperocchè essa somministra la forza di un cavallo con una spesa all'ora tutto al più d'una lira; e detto lavoro non parrà caro, ove si consideri che equivale a quello di dodici uomini che lavorino a girare una manovella.

Il signor Hugon è riuscito ad evitare alcuni gravi inconvenienti delle macchine Lenoir, mediante alcune modificazioni radicali, tra le quali quella di servirsi per l'accensione del miscuglio detonante di una fiammella di gas abbandonando così l'impiego della elettricità.

La fig. 107 indica in sezione verticale una macchina di Hugon con cilindro verticale, a doppio effetto, stata sperimentata da Tresca al Conservatorio d'Arti e mestieri di Parigi. Non ci fermeremo naturalmente sui particolari comuni a qualsiasi altro motore a fuoco, nè intorno al cilindro motore M, allo stantuffo S, al nerbo N, all'albero motore A orizzontale e sostenuto dalle due fantine F, al volante V, alla puleggia di trasmissione del movimento P. ecc. Ma esaminiamo invece in qual modo si prepari il miscuglio detonante di aria e di gas, e come venga distribuito dal cassetto nell'una o nell'altra camera del cilindro motore, ed infine come abbia luogo l'accensione del miscuglio con semplici becchi di gas. Tutta questa disposizione è affatto differente da quella indicata per il motore Lenoir, e richiede perciò una descrizione speciale.

Il miscuglio di aria atmosferica e di gas-luce proveniente da apposito tubo di condotta si forma in una specie di mantice *m* messo in azione dall'eccentrico *e* calettato sull'albero motore, e va per mezzo del tubo *t* nella camera *c* del cassetto di distribuzione. La valvola a cassetto *v*, detta di *introduzione*, di *accensione*, e di *scarica* scorre su e giù contro lo specchio delle luci che vanno al cilindro, mossa da un eccentrico E, pur esso calettato sull'albero motore; dal gambo di detta valvola è pure comandata ad intervalli un'asta *a* che muove un registro di distribuzione del miscuglio, nel quale sono scolpite due luci rettangolari. Quando detto registro ha la sua base inferiore in coincidenza coll'apertura fissa nelle pareti fra cui scorre, come avviene nella nostra figura, esso è preparato per distribuire il miscuglio detonante alla camera inferiore del cilindro motore; ma perchè questa co-

municazione avvenga, è necessario ancora che la valvola di introduzione v s'innalzi convenientemente. Essa invece ha tuttora la sua cavità centrale in comunicazione colla camera inferiore del cilindro affinchè i prodotti gasosi dello scoppio che fu dato nella corsa ascendente si scarichino durante la corsa discendente dello stantuffo nell'atmosfera per mezzo del tubo di scarica s. Analogamente si dica per la camera superiore dello stantuffo. Fin qui per la introduzione e per la scarica.

Vediamo ora come siano disposte le cose per l'accensione del miscuglio detonante. Alla valvola v sono perciò applicati due becchi di gas b b mobili con essa e destinati all'infiammazione del miscuglio quando trovansi in comunicazione colla rispettiva camera del cilindro motore, come sulla nostra figura avviene per la camera superiore. Ma in seguito all'esplosione, il becco che la produsse rimanendo spento, così nelle due cavità del cassetto contenente la valvola v si hanno due altre fiamme a gas t t, le quali sono fisse e servono a riaccendere i becchi di gas mobili quando si trovano in corrispondenza. (1)

Anche nei motori di Hugon, come già vedemmo per quelli di Lenoir, conviene iniettare acqua nel cilindro motore, la quale vaporizzandosi impedisce ai gas caldi di abbandonare il motore a troppo alta temperatura, e aggiunge la tensione del vapore così generato a quella dei gas, aumentando l'effetto utile della macchina.

Dalle esperienze eseguite da Tresca risultò essersi anzitutto evitate quelle interruzioni che essenzialmente provenivano dall'impiego dell'elettricità. Con un cilindro del diametro di m. 0,33 e con una corsa di m. 0,32 si trovò disponibile sull'albero motore una forza di cavalli 2,07 facendo l'albero 53 giri al minuto. La pressione massima assoluta salì a 4 atmosfere. Lo scoppio avveniva ai 45 centesimi della corsa dello stantuffo. Per ogni cavallo-vapore di forza occorrevano metri cubi 2,60 di gas-luce all'ora. Fu pure constatato che l'iniezione d'acqua nel cilindro motore aveva specialmente per effetto di lasciar uscire i gas alla temperatura di 186, mentrecchè nella macchina Lenoir i gas scaricavansi alla temperatura di 250° con grave danno nella economia e nella conservazione della macchina.

Le 15,600 calorie (sviluppate dai 2606 litri di gas) per cavallo e per ora debbono per verità ritenersi pressochè tutte necessarie anche per le migliori macchine a vapore; ma non bisogna dimenticare che in ragione di 30 centesimi per metro cubo di gas ciascuna caloria costa almeno 7 volte più che non quella somministrata dal carbon fossile.

I risultati della macchina Hugon non modificano adunque sostanzialmente le condizioni economiche delle macchine Lenoir. Solo può dirsi aver superato Lenoir nella sicurezza dell'accensione del miscuglio e nella regolarità del movimento.

V.

IL MOTORE BARSANTI E MATTEUCCI.

Esperienze eseguite nel 1856 a Firenze nell'officina della ferrovia *Maria-Antonia*. — Macchina a gas della forza di dodici cavalli costrutta a *Zurigo*; altra di minor forza costrutta a Milano. — Descrizione e giudizio dei commissarii dell Istituto Lombardo. — Un consiglio del prof. Colombo. — La macchina prussiana Otto e Langen premiata all'Esposizione del 1867, e la copia della macchina italiana Barsanti e Matteucci. — Descrizione di questa macchina. — Suoi vantaggi sulle altre macchine a gas-luce, e suoi inconvenienti.

Premettiamo un po' di storia sull'invenzione del motore Barsanti e Matteucci, riferendo testualmente alcuni brani del già citato rapporto dei signori Codazza, Hajech e Magrini.

« Nel 1852 il padre Barsanti (2), professore di meccanica nelle scuole Pie di Firenze, in concorso del signor Felice Matteucci, intraprendeva una serie di ricerche sperimentali dirette ad ottenere una forza regolare e continua dall'accensione delle miscele gasose. Senza avere avuto sentore dei primi tentativi di De Cristoforis, il professore Barsanti adottava lo stesso suo prin-

(1) Dal Supplem. all'*Enciclop. popolare italiana*, Vol VI.

(2) Eugenio Barsanti nacque da onesti genitori in Pietrasanta il 12 ottobre del 1821; ed entrò nelle *Scuole Pie* nell'anno 17.° della sua età. Quivi fu professore delle scienze filosofiche e matematiche, e studiò con molto amore e profitto la meccanica applicata. — Il 12 aprile 1864 morì di tifo all'estero dove si era portato per studiare con più efficacia la macchina di cui [illegible] inventore.

cipio di valersi della esplosione per generare il vuoto e rendere quindi operativa la pressione atmosferica, come nel cilindro di Papin (1). — Vedeva in ciò la possibilità, non solo di evitare gli urti subitanei, ma di risparmiare altresì buona parte del gas infiammabile; imperocchè, mentre la forza esplosiva agisce, come si è detto, per un solo impulso istantaneo, la pressione atmosferica opera invece sullo stantuffo con intensità costante per la intera durata della sua corsa.

La questione da risolvere consisteva adunque nel concepire un meccanismo, che non solo rinnovasse con molta frequenza e nella debita quantità l'introduzione e l'accensione del miscuglio detonante, ma rigettasse altresì i prodotti ed i residui della combustione e sopratutto che svincolasse gli stantuffi nella loro andata, e li collegasse con prontezza e stabilità all'asse motore, nella corsa di ritorno.

Nel 1856 i signori Barsanti e Matteucci mostrarono la possibilità di ottenere questi risultati colla produzione di una macchina, la quale, sebbene imperfettamente, comunicava nell'officina della ferrovia, allora *Maria-Antonia*, in Firenze, un movimento sufficientemente regolare ad una forbice e ad un trapano.

Gl'inventori fiorentini associatisi più tardi col signor Giovanni Battista Babacci (cui devesi l'idea di far succedere la combustione fra i due stantuffi lasciati liberi nell'atto dell'esplosione) impresero a far costruire su questo principio nell'officina Benini di Firenze una seconda macchina a due cilindri, la quale, veduta in azione, deve aver fatto concepire grandi speranze sulla possibilità che la nuova forza motrice potesse applicarsi con vantaggio su vasta scala, perciocchè in brevissimo tempo si è costituita una società anonima per continuare le esperienze sopra argomento di tanta importanza.

E questa società deliberava di affidare la costruzione di una terza macchina con due cilindri orizzontali, più grandiosa della precedente, cioè della forza nominale di dodici cavalli, alla rinomata officina Escher Wyss e C. di Zurigo; macchina che venne difatti montata ed esposta al pubblico nel locale della società medesima in Firenze, ove trovasi tuttora. Bisogna dire che il suo modo d'azione fosse soddisfacente, dacchè invogliò parecchi industriali a farne ricerca.

Siccome poi il maggior numero delle domande era per macchine di piccola forza, così la società deliberava di far costruire una macchina della forza non maggiore di quattro cavalli, per servire di modello alle altre.

Questa piccola macchina fu eseguita nel 1863 nell'officina della ditta Bauer e C., a Milano, in base al sistema chiamato *misto* dagli inventori, in quanto che, oltre alla pressione atmosferica, utilizza anche una parte della forza espansiva della miscela detonante, con molta semplicità di meccanismo; si è creduto potersi ciò fare senza inconvenienti, trattandosi di apparati che non devono eccedere la forza di quattro cavalli.

La Commissione dell'Istituto Lombardo così descrive il modello testè accennato della forza di quattro cavalli:

« Entro un cilindro verticale si dà moto a due stantuffi per contrarii versi in guisa, che quando uno s'innalza, l'altro si abbassa e quindi ora si allontanano per l'intera corsa, ora si avvicinano fra loro quasi fino al contatto. Lo stantuffo inferiore ha per altro una corsa più breve del superiore, nè mai è libero, trovandosi sempre collegato coll'asse motore. Il suo principale ufficio consiste nell'aspirare la miscela gasosa; riceve poi anche gli impulsi della forza esplosiva.

Nell'angusto spazio che rimane fra i due stantuffi ravvicinati, viene introdotta la miscela mediante cassettino avente due canali, uno in comunicazione col gasometro, l'altro coll'atmosfera, ambedue muniti di valvola che si apre dall'infuori all'indentro per aspirazione. Questo cassettino è messo in moto da un eccentrico infisso sull'albero di un volante, e la miscela si accende con scintille tratte da un apparato elettro-magnetico di Ruhmkorff. All'atto della infiammazione, lo stantuffo superiore, trovandosi affatto libero, cede prontamente e senza scosse perniciose, all'impulso della forza esplosiva, e si allontana dall'altro fino al termine della sua corsa, ove, per un semplicissimo congegno, va subito ad impegnarsi con la resistenza.

E come avviene che il corpo della pompa presto si scalda, così va esso munito di un inviluppo, in cui circola l'acqua fredda che manda sprazzi continui anche nell'ampia camera formata dai due stantuffi ivi si condensano i gas ed i vapori: ivi si genera per conseguenza una rarefazione, che rende operativa sui medesimi stantuffi buona parte della pressione atmosferica, divenuta la forza motrice dell'apparato.

Un secondo cassettino mosso da un altro eccentrico infisso sull'albero del secondo volante, perfettamente eguale al primo, espelle dal corpo della tromba i prodotti della combustione. Si comprende che la forza motrice cessa di agire, appena i due stantuffi ritornano alla minore distanza, ove di nuovo si introduce la miscela detonante; e per l'avvicendarsi di questo loro *va e vieni* si riproduce sempre l'effetto di raccogliere sui due volanti gl'impulsi successivi, facendoli cospirare, ossia trasformando questi impulsi in un moto continuo circolare, suscettibile di essere versato in qualunque strumento produttore. »

Dalle esperienze istituite dalla citata Commissione, risultò che questa macchina consumava

(1) Vedi in proposito quanto fu detto a pagina 55 di questo volume.

circa 500 litri di gas portatile per cavallo e per ora; il che, avuto riguardo alla maggior ricchezza di questo gas, corrisponde ad un consumo di circa 800 litri di gas ordinario per cavallo e per ora.

Il sistema che serve di base a questa macchina è bello ed economico; ha però un difetto capitale: l'accensione istantanea della miscela gasosa produce, in tutto l'apparecchio, urti e vibrazioni dannosissime che ne compromettono la durata.

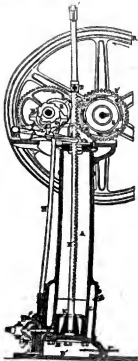



Fig. 108. Motore a gas luce, di Otto e Langen. Sezione verticale.

Finchè, dice il prof. Colombo, la macchina atmosferica a gas illuminante non si libererà da queste dannosissime scosse, *non sarà mai una macchina pratica.* Del resto non si può dire ancora che il problema non ammetta un'altra soluzione. Se finora l'accensione istantanea, nel motore Barsanti e Matteucci, fu un accessorio obbligato della macchina atmosferica a gas illuminante, non è detto perciò che debba esserlo sempre. Diciam questo,

perchè sappiamo di altri tentativi che si vanno
facendo da noi per migliorare il motore Barsanti,
mantenendone intatto il principio, ma modificandone
done intieramente il congegno; vogliamo alludere
con ciò alla macchina del signor Babacci, il quale
è come il successore e l'erede dell'idea di Barsanti
ed ha già fatto conoscere i primi risultati delle
sue ricerche. Noi non possiamo augurargli che una
cosa: che non incontri quanto incontrano gl'in-
ventori in Italia, l'opposizione o l'indifferenza; e
non vogliamo dargli che un consiglio, quello cioè
di portare la sua invenzione all'estero, appena
essa avrà forma e proporzioni pratiche; probabil-
mente essa sarà meglio apprezzata che nel suo
proprio paese.

Queste amare parole non son che troppo giuste quando si consideri la misera condizione in cui trovansi ridotti gl'inventori italiani in generale, e a questo proposito possiamo senza uscir d'argo-

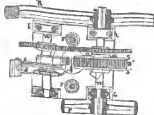



Fig. 109. Motore a gas luce, di Otto e Langen. Proiezione orizzontale.

mento narrare un fatto speciale di grande importanza, servendoci ancora delle parole del professore Colombo.

All'Esposizione universale del 1867 nella sezione prussiana figurava una macchina a gas, esposta dai signori Otto e Langen, la quale fu ritenuta del tutto nuova, fece molta sensazione ed ottenne, unica fra le macchine a gas, una medaglia d'oro.

Per noi italiani, questa macchina doveva destare la più dolorosa impressione; avrebbe dovuto destare un sentimento universale di vergogna, se la generalità del pubblico sapesse davvero quanto si fa in paese e non fosse piuttosto non curante dei tentativi che vi si fanno, anzi scettica affatto a loro riguardo. La macchina prussiana, benchè non si possa punto dubitare che sia un'invenzione originale del signor Langen, che ne ebbe l'idea qualche anno fa, è PURAMENTE E SEMPLICEMENTE LA MACCHINA BARSANTI E MATTEUCCI DA MOLTI ANNI PUBBLICATA E CONOSCIUTA IN ITALIA, ... come avviene sempre in Italia, ...

Commissioni per giudicarla, se ne ebbero rapporti favorevoli, ma non si seppe mai formare una società seria che ne spingesse l'applicazione o ne facesse conoscere all'estero i pregi; e Barsanti, l'inventore della macchina, morì senza aver avuta la soddisfazione di saperla apprezzata. Gli elogi tributati ora alla macchina Otto e Langen avrebbero dovuto essere il compenso delle pene, degli stenti, dei dispiaceri che l'invenzione dovette costargli; ma non gli era riserbato di goderne; anzi fu abbastanza fortunato di morire prima di vederli così largamente tributati ad un altro.

Il brevetto francese del motore Barsanti e Matteucci *data dal* 9 *gennaio* 1858. Tutti i lineamenti caratteristici della macchina Langen vi si trovano, il cilindro verticale, lo stantuffo libero durante l'espansione e che si innesta coll'albero motore nella corsa di ritorno. La sola differenza consiste in ciò che nel motore Barsanti c'è un secondo stantuffo, il quale, mentre serve ad attutire l'urto inevitabile nel momento in cui il primo è lanciato in su dall'esplosione, utilizza anche in piccola parte la forza dell'esplosione, facendola servire al passaggio dei punti morti; nel motore Barsanti la mescolanza gasosa viene accesa con la scintilla elettrica, mentre nella macchina Langen, quest'accensione ha luogo con una fiammella a gas secondo il sistema del francese Hugon.

Daremo coll'aiuto delle figure 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, una breve descrizione di questa macchina che fu pure esposta in diverse grandezze all'Esposizione mondiale di Vienna del 1873, dove ebbe l'onore di essere acquistata da S. M. il Re d'Italia.

Diremo anzitutto sommariamente che è una macchina a semplice effetto; che il miscuglio infiammabile d'aria e di gas-luce è introdotto in un cilindro verticale al disotto di uno stantuffo, ed incendiandosi con una fiammella di gas, lo stantuffo che in quell'istante è libero dall'albero motore, trovasi lanciato in alto a guisa di proiettile, vincendo in questa corsa ascendente la sola pressione atmosferica, poichè il cilindro è superiormente aperto. Terminata l'espansione del fluido, la corrente d'acqua fredda che circonda il cilindro produce in questo un vuoto più o meno perfetto, e lo stantuffo che appena salito ridiventa solidario coll'albero motore è costretto a ridiscendere per l'azione sovrincombente della pressione atmosferica, vincendo la contropressione nel cilindro motore, e trascinando nel movimento l'albero del volante.

Nella fig. 108 abbiamo una sezione verticale della macchina in discorso; nella fig. 109, una proiezione orizzontale; e dalla fig. 110 alla fig. 115 sono rappresentati alcuni particolari per l'accensione del miscuglio, A (fig. 108) è il cilindro motore di ghisa a doppio fondo B e B'; fino ad un terzo circa di sua altezza detto cilindro è munito esteriormente di un involucro C, in comunicazione collo spazio compreso fra B e B', dove circola continuamente l'acqua fredda che arriva dal tubo *r* ed esce per quello *r'*. Lo stantuffo K che scorre nel cilindro porta un'asta K' foggiata a dentiera e guidata nel suo movimento rettilineo alternato per mezzo della traversa T raccomandata a due guide verticali F ed F' che poggiano sulla piastra dell'estremità superiore del cilindro (fig. 109). Due cuscinetti L, posati pure sulla medesima base, portano l'albero motore W col volante R, colla puleggia di trasmissione del movimento P, colla ruota dentata Z, e la puleggia S che solamente può vedersi nella fig. 108, poichè dalle due parti di questa e sul prolungamento del suo mezzo trovansi inalberate, ma folli, due altre puleggie di diametro un po' maggiore S' S', le quali veggonsi nella proiezione orizzontale (fig. 109). Esse sono riunite fra loro dalla corona dentata Z', la quale avvolge la menzionata puleggia S e la ricopre per conseguenza sulla proiezione orizzontale. La anzidetta ruota dentata Z' imbocca nella dentiera verticale K'. Tra la superficie esteriore della puleggia S e quella interna del'a corona dentata Z' avvi un congegno per rendere solidale, o non, la puleggia interna alla corona dentata per modo che l'albero motore W possa, ovvero non, ricevere comunicazione di movimento dalla dentiera K'. La comunicazione deve aver luogo quando lo stantuffo discende, ed invece essere tolta quando lo stantuffo in seguito all'esplosione rapidamente si innalza. Varia di proporzioni e di forme questo congegno, a seconda della natura ed entità del lavoro dalla macchina richiesto, ed ecco essenzialmente in che cosa consiste: la puleggia S porta sulla sua periferia le piccole scarpe *d* libere di scorrere a dolce attrito sulla periferia medesima. La parte interna della corona Z' è terminata da diverse faccie eccentriche K, fra le quali e le scarpe ora cennate è disposto un sistema di rulli metallici. Quando la corona dentata Z' gira nel senso della saetta (ed è quando lo stantuffo s'innalza) quei rulli permettono alla corona Z' di scorrere e di girare da sola senza trascinare nel suo movimento di rotazione la puleggia centrale. Ma nella corsa discendente dello stantuffo, cangiandosi il senso di rotazione della corona dentata Z', i rulli spinti a girare nel senso contrario della saetta, eserciteranno sulle scarpe della puleggia una pressione tale, che più non potendo scorrere sulla puleggia S, costringeranno questa a girare di conserva colla corona dentata, comunicandosi così il movimento all'albero motore W ed agli organi

che vi sono calettati. In alcuni casi si sono perfino soppresse le scarpe della puleggia, bastando le superficie eccentriche della corona a produrre, per mezzo dei rulli, la necessaria pressione sulla superficie esterna della puleggia.

I due cuscinetti L' (fig. 109) sorreggono l'albero ausiliario W' fatto girare dalla ruota dentata Z'', che imbocca la Z' e da questo riceve il movimento. Su quest'albero W' incontrasi la ruota di forza *s* (fig. 108) a i due eccentrici E ed E', i quali ultimi sono folli sull'albero a solidarii affatto fra loro, come se formassero un solo pezzo. Sul fianco dell'eccentrico E' avvi un'àncora *s'* che si impiglia nei denti della ruota *s* e costringe così i due eccentrici a girare coll'albero W' sempre quando non ne sia impedito da un dente della sottostante leva *h'*. Quando lo stantuffo è pressochè verso la fine di sua discesa, quella leva è abbassata da un tallone dell'asta K' dello stantuffo, e la solidarietà degli eccentrici coll'albero W' è stabilita. Ma gli eccentrici possono solamente dare un giro, perchè appena abbandonata dal tallone la leva *h'*, questa è costretta a rialzarsi dalla molla *l*; quindi l'àncora nel ritornare al punto di partenza nuovamente è fermata dal dente della leva suddetta e gli eccentrici rimangono immobili.

L'eccentrico E quando si muove, comanda coll'asta N la valvola a registro V, scorrevole sulla parete esterna dell'involucro C e premutavi contro da molle spirali *f*, *f* coll'intermezzo della lastra *b*. Nella parete C del cilindro sono scolpite due luci, o meglio canali, di cui uno *y* serve a scaricare dal cilindro, ed a tempo dovuto, i gas combusti in seguito alla esplosione del miscuglio, e l'altro *x* (veggasi la figura 110 che ci dà il prospetto dello specchio C, tolto essendo il registro V), posto di fianco ad *y* ed alla medesima altezza, serve ad introdurre nel cilindro il miscuglio d'aria e di gas-luce per essere tosto acceso, come in appresso vedremo. Notisi intanto che la fig. 113 è una sezione

Fig. 110. Fig. 111. Fig. 112. Fig. 113. Fig. 114. Fig. 115.

Motore a gas-luce, di Otto e Langen. Particolari relativi all'accensione del miscuglio detonante.

verticale fatta secondo la linea 1-2 della figura 110, e che le due figure 114 ed 115 indicano amendue una sezione verticale secondo la linea 3 4 col registro V in due posizioni diverse; esse lasciano vedere la luce di introduzione *x* ora cennata.

Quando i due eccentrici E ed E' sono in riposo, la valvola V occupa la posizione indicata dalla fig. 113; il canale *y* trova di fronte la luce *y'* scolpita nel registro V (veggasi pure la fig. 111 che disegna il prospetto di detto registro) a per essa è stabilita la comunicazione colla luce d'esito *c* scolpita nel coperchio ed all'estremità munita di una valvoletta a battente *v* chiusa od aperta, secondo che maggiore è la pressione atmosferica o quella nel cilindro.

Quando l'eccentrico E comincia a muoversi, fa abbassare il registro V per modo da chiudere la coincidenza fra le luci *y*, *y'* ed *c*, e stabilisce invece la comunicazione (fig. 114) fra l'altro canale *x* ed i due canaletti superiori *m* ed *n* per mezzo di una cavità *a* scolpita nel registro V. Il canale *m* conduce l'aria atmosferica, ed *n* il gas-luce; il miscuglio d'aria e di gas è aspirato nella sottostante camera del cilindro, essendochè lo stantuffo K, giunto all'estremità inferiore di una corsa, viene tosto rialzato per mezzo della leva *h* (fig. 108 e 109). Mentre si fa l'introduzione nel cilindro, due altri canaletti *n'* ed *m'* il primo di gas ed il secondo d'aria riempiono di miscuglio il canale *qt* che attraversa il registro V, ed un becco di gas *g* fisso in apposita finestrina della lastra *b* ne determina l'accensione. Il registro V è tosto rialzato dall'eccentrico, e prende tale posizione (fig. 115), che il canale acceso *qt* non trovasi più in comunicazione col canaletti *n'* ed *m'* e nemanco col becco di gas, ma la fiamma riversasi tosto nel canale *x*, producendo lo scoppio del miscuglio nel cilindro motore; così lo stantuffo K termina rapidamente la sua corsa di ascesa (1).

Da alcune esperienze fatte a Parigi da Tresca con una macchina, il cui volante dava 76 giri al

(1) Dal Supplemento all' Enciclop. Italiana. Volume VI.

minuto, ed il cilindro motore aveva il diametro di cent. 15, si trovò sull'albero motore una forza di cavalli-vapore 0,456. Il volume di gas-luce richiesto per cavallo e per ora risultò di litri 1247 bruciati nel cilindro motore e di litri 132 richiesti per accendere il miscuglio; ed in totale litri 1379 per cavallo e per ora. Epperciò il consumo di gas sarebbe naturalmente inferiore a quello verificatosi nelle macchine di Lenoir ed in quelle di Hugon.

Come le altre macchine a gas, è necessaria una corrente d'acqua fredda per circondare il cilindro ed impedire un dannoso riscaldamento delle pareti: ma dalle fatte esperienze si riconobbe che il calore esportato dall'acqua refrigerante devesi ritenere pari ad $^1/_{17}$ del calore totale svolto nel cilindro. Il lavoro utile raccolto essendo di 36 chilogrammetri per ogni caloria spesa, ben si vede ottenersi colle macchine atmosferiche di Otto e Langen quanto è possibile ottenere dalle migliori macchine a vapore, a parte, ben inteso, il diverso prezzo della caloria, dipendente dalla natura del combustibile e sul quale si avrebbe a ripetere ciò che si disse in fine del precedente numero.

Cosicchè si può conchiudere, in fatto di Macchine a gas, che la considerevole economia ottenibile dalla macchina atmosferica di Otto e Langen, in confronto colle altre, deve far inspirare il desiderio di vedere un giorno la macchina di Otto e Langen più perfezionata dal lato di sua costruzione, evitando per quanto sarà possibile l'azione discontinua de' suoi organi, l'impiego sussidiario di ruote di forza, e il difetto di solidarietà che ne risulta, per renderla più robusta e meno complicata.

I BATTELLI A VAPORE.

I.

Battelli a ruote. — Lo spagnuolo Blasco de Garay. — Esperienza eseguita nel 1543. — Munificenza di Carlo V. — Obbiezioni di Arago. — Battello di Papin nel 1707. — Brevetti inglesi rilasciati a Dickens nel 1724, a Hulls nel 1736. — Quesito posto a concorso nel 1753 dall'Accademia delle Scienze di Parigi. — Soluzione proposta da Daniele Bernouilli.

La prima idea di emanciparsi dalla volubile forza dei venti per mettere le navi in movimento, con maggior forza di quanta può svilupparne un rematore, non è moderna: le acque del Mediterraneo furono più volte solcate nell'antichità da navi fornite di ruote, — a somiglianza di quelle dei nostri battelli a ruote, mossi dal vapore, — che venivano messe in movimento da cavalli o da buoi. La storia non registra però alcun altro tentativo nè durante l'antichità nè durante il medio evo.

Alcuni istoriografi, ed in particolare gli spagnuoli, attribuiscono ad un capitano spagnuolo, Blasco de Garay, il merito d'aver per primo messa in movimento una nave senza ricorrere nè al vento nè a motori animali. L'illustre Arago nella splendida sua notizia intorno alla *Macchina a vapore* (1) riferisce il seguente rapporto, pubblicato per la prima volta nel 1826 nella *Corrispondenza astronomica* del barone de Zach; il rapporto originale esiste, manoscritto, negli archivi reali di Simancas:

« *Blasco de Garay*, capitano di marina, propose nel 1543 all'imperatore e re Carlo V una macchina per far andare i bastimenti e le grandi imbarcazioni, anche in tempo di calma, senza remi e senza vele.

« Malgrado l'opposizione mossa a questa proposta, ordinò che si facesse l'esperienza nel porto di Barcellona; il che infatti ebbe luogo il 17 giugno 1543.

« Garay non volle far conoscere completamente la propria invenzione. Tuttavia si potè vedere durante l'esperienza che il processo consisteva in una gran caldaia d'acqua bollente ed in ruote motrici situate ai fianchi della nave.

« L'esperienza fu fatta sopra una nave di 200 tonnellate, detta *la Trinità*, capitano Pietro Scarza, arrivata da Colibra, carica di biade.

« Assistettero all'esperienza, per volere di Carlo V, don Enrico da Toledo, il governatore don Pietro da Cardona, il tesoriere Ravago, il viceacancelliere e l'intendente di Catalogna.

« Nei rapporti presentati all'imperatore, tutti i testimoni lodarono quest'ingegnosa invenzione, in ispecie per la prontezza e la felicità con cui la nave poteva virar di bordo.

« Il tesoriere Ravago, nemico del progetto, disse che la nave avrebbe potuto percorrere appena due leghe in tre ore; che la macchina era troppo complicata e costosa; e che sarebbevi il pericolo dello scoppio della caldaia. Gli altri commissari asserivano che il vascello virava di bordo colla prontezza d'una galera manovrata col metodo ordinario e che faceva per lo meno una lega all'ora.

« Dopo l'esperienza Garay levò dalla nave tutta la macchina, ritirò presso di sè il materiale più importante e depose i legnami nell'arsenale di Barcellona.

« Ad onta dell'opposizione del tesoriere Ravago, l'invenzione di Garay fu approvata, e l'imperatore Carlo V l'avrebbe certo favorita, se la spedizione nella quale ei trovavasi allora impegnato, glielo avesse permesso. Tuttavia l'imperatore promosse d'un grado il capitano Garay, gli donò 200,000 maravedis, ordinò alla tesoreria di pagare a Garay tutte le spese sostenute, e gli accordò inoltre altri favori. »

Però Arago non presta fede a questo racconto. Lo stato delle scienze nel XVI secolo era tanto meschino, che nessuno avrebbe potuto costruire a quei tempi una macchina a vapore. E quand'anche tal macchina fosse realmente comparsa ai tempi di Carlo V, come mai sarebbe stata poi completamente dimenticata? Il rapporto parla d'una *gran caldaia d'acqua bollente*, ma da questa caldaia ad una completa macchina a vapore corre enorme distanza; ammessa anche l'esistenza della caldaia, non si è perciò autorizzati a concludere che il vapore da essa prodotto fosse poi utilizzato quale agente meccanico. Se pur fu fatto un tentativo per utilizzare la forza del vapor acqueo, quel tentativo non ebbe influenza, non recò alcun vantaggio, poichè l'inventore non rivelò ad alcuno il segreto della sua macchina.

Il documento da noi riferito era semplicemente manoscritto, non fu mai stampato prima del 1826, non si può quindi accordargli la fiducia che meriterebbe un documento a stampa che fosse stato discusso o verificato dai contemporanei dell'inventore. Non sembra quindi ragionevole l'accordare a Blasco de Garay un posto distinto nella storia della navigazione a vapore.

Il primo battello mosso senza dubbio dal vapore fu quello di Papin. Abbiamo già detto (1)

(1) Vedi ARAGO, *Oeuvres complètes*, Vol. V, pag. 10.

(1) Vedi pagina 50.

che quest'infelice inventore applicò la sua macchina ad un battello col quale — nel settembre 1707 — navigò sulla Fulda e passò quindi nel Weser lusingandosi di poter passar poscia nel mar del Nord e recarsi quindi in Inghilterra per cavar partito della sua invenzione. In quell'industre paese. Ma i suoi calcoli fallirono, chè i battellieri del Weser, temendo la concorrenza della nuova invenzione, misero barbaramente in pezzi il battello e la macchina. Chi può dire il brillante avvenire che sarebbesi dischiuso per quel povero profugo e l'influenza che avrebbe avuta sull'umanità, l'immediata adozione del battello a vapore proposto da Papin! Questa si verificò ben cento anni più tardi, sul principio del nostro secolo. Durante si lungo periodo parecchi ingegni si provarono a risolvere il problema d'utilizzare il vapore per mettere in movimento le navi.

Il capitano Savery, da noi già menzionato, si propose d'applicare la sua macchina alla navigazione, ma questo suo proponimento rimase senza effetto, poichè la macchina di Savery è inetta a quell'ufficio.

Un altro meccanico inglese, G. Dickens, ottenne nel 1724 un brevetto in cui è dichiarata l'applicazione d'una macchina a vapore alla propulsione delle navi. Non si fece però alcun esperimento ed il brevetto di Dickens non ebbe alcun risultato.

Dodici anni dopo, nel 1736, il meccanico inglese Gionata Hulls propose d'utilizzare la macchina di Newcomen per rimorchiar le navi all'entrata od all'uscita dei porti. Applicando una manovella all'estremità dei bilancere d'una macchina di Newcomen, Hulls trasformava il movimento alternato di va e vieni dello stantuffo in movimento continuo di rotazione, che trasmettevasi — mediante funi e pulegge — alla ruota a palette d'un battello rimorchiatore. Hulls prese un brevetto per questa applicazione della macchina atmosferica di Newcomen, ma l'ammiragliato inglese non aggradì il progetto di Hulls e lo dichiarò di nessuna utilità.

Il disegno lasciatoci da Hulls, del battello di sua invenzione, mostra il battello fornito d'una sola ruota applicata a poppa. L'imperfetta macchina di Newcomen non poteva produrre regolarmente il necessario movimento di rotazione; aggiungi che l'enorme quantità di combustibile richiesta da quella macchina e che sarebbe stato necessario imbarcare a bordo del battello, rendeva praticamente inattuabile il progetto di Hulls che fu ben presto dimenticato.

Nel 1753 l'Accademia delle Scienze di Parigi aperse un concorso sul quesito: *Dei mezzi per supplire all'effetto dei venti per la propulsione delle navi.* Parecchi scienziati presero parte a questo concorso; il valente matematico Daniele Bernouilli (1) ottenne il premio per una dotta memoria, nella quale passando in rivista tutte le forze meccaniche in allora conosciute, contesta l'utilità dell'applicazione alle navi della macchina di Newcomen. Bernouilli dimostrò che tanto la forza prodotta dall'accensione della polvere da cannone quanto la forza del vapor acqueo, — come si poteva utilizzarlo nelle macchine allora esistenti, — erano inferiori a quella sviluppata dall'uomo quando mette in movimento i remi sul fianco d'una nave. Ei dimostrò matematicamente che anche impiegando la gran macchina di Newcomen della forza di 20 a 25 cavalli che funzionava a quei tempi a Londra, per alimentare la distribuzione d'acqua in quella gran metropoli, la nave avrebbe acquistata tutt'al più la velocità corrispondente a metri 1, 2 al secondo, vale a dire 4320 metri all'ora, poco più di due nodi (2). Bernouilli concludeva soggerendo un nuovo propulsore parzialmente immerso nell'acqua come i remi, basato sul principio dell'elice attuale, che poteva esser mosso dagli uomini o da qualsiasi altra potenza meccanica.

La memoria presentata da Bernouilli fu premiata all'Accademia delle scienze e la soluzione del problema rimase aggiornata.

(1) Daniele Bernouilli nacque a Groninga il 9 febbraio 1700. Studiò scienze mediche in Italia sotto Michelotti e Morgagni, coltivando in pari tempo matematiche, per le quali sentiva speciale vocazione. Fu per breve tempo professore di scienze naturali e matematiche a Pietroburgo. Nel 1732 ritornò in patria, incaricato dell'insegnamento delle stesse materie in quella celebre università; si dedicò con particolare amore alla meccanica e ne dimostrò con tutto rigore i principii fondamentali. Dotato di acuto ingegno e di attività straordinaria pubblicò numerosissime ed importantissime memorie accademiche intorno a svariatissimi argomenti scientifici. Condusse esistenza lieta e serena, amato e stimato da tutti. Soltanto a settantasette anni egli abbandonò la sua cattedra universitaria nella quale ebbe a successore suo nipote, Giovanni Bernouilli. Daniele si ritirò a Basilea e vi morì il 17 marzo 1782.

(2) I marini dicono *nodo* la lunghezza equivalente alla sessantesima parte di un grado medio del meridiano terrestre. Un nodo è quindi eguale ad un miglio italiano e corrisponde a metri 1851, 85.

II.

Tentativi d'applicazione della macchina di Watt a semplice effetto. — Battello di D'Auxiron e Follenai costrutto a Parigi nel 1772. — Guerra di navicellai. — Morte di D'Auxiron. — Progetti di Jouffroy combattuti dai capitalisti. — Jouffroy dirige da solo la costruzione d'un battello a vapore e lo sperimenta nel 1776. — Difficoltà reputata insuperabile. — Nuovo battello sperimentato da Jouffroy a Lione nel 1783. — Assurda pretesa dell'Accademia delle scienze. — L'invenzione schernita dai nobili. — Amarezze di Jouffroy. — Fugace sorriso della fortuna. — Jouffroy muore nell'ospizio degli Invalidi.

L'invenzione della macchina di Watt a semplice effetto (1770) risvegliò l'attenzione dei progettisti. L'enorme ed incomoda macchina di Newcomen poteva essere sostituita da macchina più piccola, dotata di movimenti più regolari e più dolci. Primi a tentare l'applicazione della macchina di Watt alla navigazione, furono tre ufficiali dell'esercito francese, il conte Giuseppe D'Auxiron, il cavaliere Carlo Monnin di Follenai, ed il marchese Carlo Jouffroy. I due primi, — ignorando le ricerche del loro collega, — idearono e costrussero sul cadere del 1772, presso all'isola dei Cigni a Parigi, un battello provveduto di macchina di Watt a semplice effetto. Un bel mattino i due inventori non rinvennero più il loro battello; i navicellai, prevedendo le funeste conseguenze che quell'invenzione avrebbe avuta sulla lor sorte, avevano di notte tempo colato a fondo il battello. I due inventori tentarono di rinnovare l'impresa, ma non riescirono per mancanza di capitali; D'Auxiron morì di dolore nel 1778.

Jouffroy aveva trovati a Parigi i capitalisti disposti a sostenere le spese delle prime esperienze per utilizzare, nella navigazione, la macchina di Watt, ma non potè mettersi d'accordo con essi sulla forma più conveniente che dovevasi assegnare al battello. Tanto Jouffroy quanto i capitalisti furono irremovibili; costoro fecero costruire il battello secondo le loro idee, vi applicarono la macchina di Watt; ma questa, — in causa delle sproporzioni dell'apparecchio, — non fu in grado di far progredire il battello, lanciato nella Senna, neppure d'un palmo. I capitalisti riconobbero il loro torto, ma non volendo correr rischio di sciupare altri denari, rinunciarono senz'altro all'impresa. Jouffroy non rinunciò ai suoi progetti; per metterli ad esecuzione abbandonò la capitale e i capitalisti e si recò al suo paese natio, a Baume-les-Dames, nella Franca Contea, sulla sponda destra del fiume Doubs. A Baume-les-Dames non c'erano officine meccaniche, tuttavia il tenace Jouffroy valendosi del rozzo calderaio del paese riescì a costruire una macchina a vapore a semplice effetto, che doveva mettere in movimento un battello, lungo 40 piedi e largo 6, espressamente costrutto. Ai due fianchi del battello era applicato un sistema di remi congiunti fra loro, ciascun remo era composto di più pezzi articolati analogamente alle zampe degli uccelli acquatici. La macchina a vapore, collocata nel mezzo del battello, metteva in movimento quei remi mercè una catena di ferro. Questa era fissata al gambo dello stantuffo, si avvolgeva sopra una puleggia ed andava a terminare sull'asta che collegava i singoli remi articolati. Quando la catena non era tesa, durante la corsa ascendente dello stantuffo, un contrappeso, collocato sull'asta di collegamento dei remi, obbligava quest'asta a portarsi verso la prora del battello; questo movimento trasmettevasi a tutti i remi articolati, i quali si piegavano per la resistenza opposta dall'acqua, nella quale erano immersi. Quando invece la condensazione del vapore produceva il vuoto nel cilindro e lo stantuffo era obbligato a discendere in virtù della pressione atmosferica, la catena di ferro, congiunta allo stantuffo, veniva tesa, e questa tensione obbligava i remi a muoversi in opposta direzione; la parte articolata si riapriva, e presentava tutta la sua superficie alla resistenza dell'acqua. — Il piccolo battello così costrutto navigò sul fiume Doubs nell'estate del 1776. Però, con grande stupore di tutti, i remi articolati funzionavano discretamente finchè il battello muovevasi con mediocre velocità, ma quando la sua velocità aumentava, la rapidità della corrente non permetteva ai remi articolati di aprirsi nell'istante opportuno, ossia al principio della corsa discendente dello stantuffo. Questo difetto, che in oggi verrebbe tolto facilmente anche da un mediocre meccanico, fu invece reputato insuperabile per Jouffroy; ei rinunciò ai remi articolati e sostituì ad essi ruote a palette, già in uso, — come abbiam detto più sopra, — per la propulsione delle navi. Per ottenere il necessario movimento continuo dalla macchina a vapore a semplice effetto, — poichè dovete rammentarvi che la macchina a vapore a doppio effetto fu inventata da Watt parecchi anni dopo, — Jouffroy fece uso d'una macchina a due cilindri, due

posti in guisa che lo stantuffo dell'uno ascendeva, mentre lo stantuffo dell'altro discendeva; il movimento alternato di questi due stantuffi imprimeva, mercè una catena di ferro, un continuo movimento di rotazione ad un albero od asse, conformato a denti per breve tratto. La porzione dentata era circondata da un telaio rettangolare, i cui due lati maggiori erano muniti di denti mobili o nottolini. Con tale disposizione, quando l'albero girava, i nottolini superiori cedevano, mentre gli inferiori spingevano, e quindi l'albero era obbligato a muoversi costantemente nello stesso senso. La macchina a vapore che animava questo meccanismo presentava dimensioni ragguardevoli; ciascuno dei due stantuffi misurava 21 pollici di diametro ed aveva una corsa di 5 piedi (1); il battello costrutto a Lione era lungo 46 metri e largo 5; le ruote avevano 14 piedi di diametro, le palette erano lunghe 6 piedi. Il lento corso della Saona attraverso a Lione invogliò Jouffroy a sperimentare colà il suo piroscafo. Il 15 luglio 1783 il piroscafo a ruote di Jouffroy risalì il corso

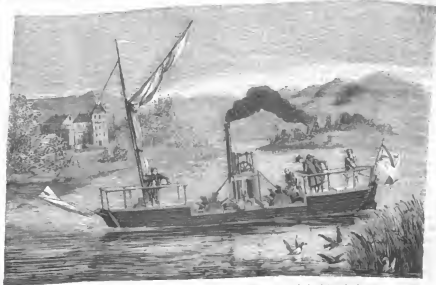



Fig. 116. Battello di Miller, Taylor o Symington, esperimentato a Dalswinton, in Iscozia, nel 1789.

della Saona in presenza a ben dieci mila spettatori che si accalcavano sulle sponde di quel fiume per ammirare il novissimo spettacolo d'una grossa nave che muovevasi contro corrente senza vele e senza remi, senza che si vedesse neppure un uomo sulla tolda, solo in virtù della macchina nascosta nell'interno della nave. Gli Accademici di Lione, che assistevano a quest'esperienza, dichiararono in apposito processo verbale lo splendido risultato dell'invenzione di Jouffroy.

Quello fu certo un giorno di immensa gioia pel perseverante inventore, ma quella gioia non durò lungo tempo. Jouffroy cercò di costituire una associazione di capitalisti per stabilire sulla Saona un regolare servizio di navigazione a vapore, pur continuando le necessarie esperienze allo scopo di perfezionare la sua invenzione. I capitalisti furono presto trovati; essi però chiedevano prima di ogni cosa un brevetto che accordasse alla società la privativa dell'invenzione pel periodo di trent'anni. Questa privativa poteva essere accordata soltanto dal governo. Jouffroy si rivolse dunque a Parigi al ministro Calonne. E qui cominciò pel povero Jouffroy una dolorosa serie di delusioni. L'esperienza eseguita pubblicamente a Lione non lasciava alcun dubbio intorno all'utilità pratica dell'invenzione; tutti sapevano che nessuna

(1) Il piede di Parigi, diviso in 12 pollici, corrisponde a circa 325 milimetri.

altra esperienza di questo genere aveva avuto risultato tanto brillante; tottavia il ministro credette dover consultare l'Accademia delle Scienze di Parigi invitandola a decidere se realmente Jouffroy meritasse il titolo ed il privilegio d'inventore.

L'Accademia di Parigi non tenne alcun calcolo delle testimonianze di dieci mila spettatori, non badò punto alle dichiarazioni degli Accademici di Lione, e rispose al ministro, che prima di accordare a Jouffroy il privilegio da lui richiesto, conveniva obbligarlo a ripetere l'esperienza sulla Senna in presenza dei commissari dell'Accademia parigina. Il povero Jouffroy aveva ormai sciupata ogni sua sostanza nei varii esperimenti allora eseguiti; per rinnovare l'esperienza a Parigi sarebbero state necessarie nuove spese alle quali Jouffroy non era in grado di far fronte. Non potendo aderire all'ingiusta pretesa degli Accademici parigini, Jouffroy si limitò a mandare ad uno dei membri più influenti di quel dotto consesso un modellino del battello già sperimentato a Lione. Jouffroy non ottenne risposta, il modellino andò smarrito!

Ben lungi dal trovar sussidii e conforti per la sua invenzione, l'infelice Jouffroy trovava nella sua famiglia, nei suoi amici, scherno e derisione; i nobili d'allora non potevano comprendere come un gentiluomo degnasse occuparsi di invenzioni meccaniche, di progetti industriali. Quando il felice tentativo di Lione fu conosciuto alla corte di Versailles, il malcapitato inventore divenne il sollazzo di tutta la corte: « Che ne dite di quel « gentiluomo della Franca Contea che imbarca « le pompe a fuoco sui fiumi? povero! pazzo ei « vorrebbe mettere d'accordo l'acqua col fuoco! »

Fig. 117. Primo battello a vapore americano.
(Esperienza eseguita da Fitch nel 1789 sul Delaware presso Filadelfia).

Di lì a non molto scoppiò la rivoluzione francese. Jouffroy rinunciò ad ogni idea industriale per riabbracciare con trasporto la professione delle armi: ei combattè la Repubblica e l'Impero. Così la Francia che al tempo di Papin non aveva saputo apprezzare l'importanza dell'invenzione della macchina a vapore, perdette anche questa volta l'occasione e l'onore di favorire una fra le più importanti applicazioni di questa feconda invenzione.

Soltanto dopo la Ristorazione, nel 1816, la stella industriale di Jouffroy potè brillare per qualche mese. Egli ottenne dal governo un brevetto in cui veniva proclamato inventore della navigazione a vapore, e trovò finalmente i capitalisti disposti a secondare i suoi progetti. Un primo battello a vapore, costrutto sui piani di Jouffroy, fu lanciato nella Senna a Bercy, il 20 agosto 1816, in mezzo all'acclamazione universale. Sembrava che la fortuna volesse finalmente sorridere alla perseveranza ed ai meriti del tenace inventore; ma la dea volse le spalle al povero vecchio, il suo orizzonte si offuscò ben presto perchè la ... è il ...

vetto ottenuto dopo tante fatiche, gli fu contestato dinanzi ai tribunali. Una nuova compagnia ottenne un altro brevetto e si pose in aperta concorrenza per schiacciare quella capitanata da Jouffroy. La lotta fu micidiale; entrambe le compagnie furono rovinate completamente e Jouffroy ricadde per sempre nell'oscurità. Nel 1830 ei fu ricoverato, nella sua qualità di vecchio militare, all'ospizio degli Invalidi a Parigi, e vi morì due anni dopo nell'età di ottant'anni.

III.

Battello dell'inglese Miller (1786) mosso da ruote a mano. — Proposta del giovine Taylor. — Applicazione della macchina a vapore. — Esperienza felicemente riescita nel 1788. — Nuova macchina applicata da Symington, esperimentata nel 1789. — Il capitalista Miller rinuncia per sempre alla navigazione a vapore.

Nel 1786 un ricco inglese, Patrick Miller, costruttore navale, aveva inventato un sistema di navi-gemelle composte di due navi accoppiate, che, secondo l'inventore, avrebbero dovuto navigare felicemente tanto in alto mare quanto nei fiumi. Miller costrusse a titolo d'esperienza un battello di questo genere, lungo sessanta piedi, e vi applicò nel mezzo due ruote a palette che dovevano esser mosse a braccia.

Il battello di nuovo genere fece parlar di sè; un amico di Miller, certo Wedell che andava superbo per un suo battello assai veloce, impegnò una scommessa con l'inventore che sosteneva essere più veloce il suo. Si fece l'esperienza: Miller aveva affidata la manovra del suo battello a ruote ad un giovane robusto ed intelligente, Giacomo Taylor, secondato da quattro manuali. Mercè gli erculei sforzi di tutti e cinque il battello a ruote superò alla corsa quello del competitore; ma Taylor riconobbe che per trar partito dalle ruote ideate da Miller per una viaggio alquanto lungo conveniva rinunciare e metterle in movimento con la debole forza dell'uomo, e che era mestieri sostituire ad essa qualche forza meccanica ben più potente. Passando in rassegna i vari sistemi meccanici conosciuti a quel tempo, Taylor giudicò che il motore più conveniente doveva essere la macchina a vapore, e ne tenne discorso a Miller.

« Sì, la macchina a vapore, diceva Miller, sarebbe un motore potentissimo, ma a quanti ostacoli, a quanti pericoli non si andrebbe incontro collocando la macchina a vapore a bordo delle navi! Avete posto mente alle probabilità d'incendio che si avrebbero a causa del fuoco continuo richiesto dalla macchina a vapore? E d'altra parte se le onde marine estinguessero il fuoco della macchina mentre la nave sta per entrare in porto o quando è prossima a scogli, a banchi di sabbia, la nave sarebbe condannata a perire per improvvisa mancanza di forza motrice! »

Ma il giovane Taylor che possedeva alcune nozioni di meccanica, non si lasciò vincere, e tanto disse che persuase finalmente il Miller a tentare la prova.

Questi, che abitava in Iscozia, fece costruire dall'ingegnere Symington, di Edimburgo, una macchina a vapore atta ad essere collocata a bordo d'un battello. La macchina fu costrutta, e nell'ottobre 1788 fu installata a bordo d'un piccolo battello lungo 27 piedi inglesi (8m. 23), largo 7 (2m. 13), che navigava in un piccolo lago nella possessione di Miller a Dalswinton. Il cilindro di quella macchina a vapore aveva 4 pollici inglesi (circa 10 centimetri) di diametro ed una forza pari a quella di due cavalli-vapore.

L'esperienza riescì felicemente; il battello si muoveva con la velocità di 5 miglia (circa 8 chilometri) all'ora. Le esperienze furono ripetute più volte con buon esito a grande soddisfazione di Taylor e Miller. Contento di questo primo risultato, Miller si propose di rinnovare l'esperienza in proporzioni maggiori. Fece espressamente costruire sui disegni dell'ingegnere Symington una macchina a vapore a due cilindri, del diametro interno di 18 pollici (46 centimetri).

Il movimento alternato degli stantuffi veniva trasmesso mediante catene di ferro, che avvolgevansi e svolgevansi alternatamente sulla gola d'una larga puleggia ed imprimevano quindi un continuo movimento di rotazione agli assi di due ruote a pallette (fig. 116).

Questo sistema era vizioso, per la difficoltà che incontra nella pratica il continuo svolgimento di una catena di ferro destinata alla tramissione di forze. Symington sperimentò la sua macchina nel dicembre 1789; l'esito non corrispose all'aspetta-

tiva. Il primo giorno le palette delle ruote applicate al battello si infransero durante il movimento; furono tosto ricostrutte più solidamente; di lì a pochi giorni si ritentò la prova, le palette resistettero, ma invece si ruppero le catene di ferro che non erano in grado di resistere all'azione intermittente e violenta del vapore. La prova non poteva andar peggio.

Miller che aveva già spesa una grossa somma di denari in questi replicati tentativi, ne rimase disgustato, fece smontare il battello, vendette la macchina e rinunciò per sempre alla navigazione a vapore. Ei si dedicò esclusivamente a grandi imprese agricole fino al termine de' suoi giorni.

La macchina progettata e fatta costruire da Symington nel 1789 era imperfettissima; il vizio capitale risiedeva nell'impiego delle catene per la trasmissione della forza motrice; quella macchina non poteva essere impiegata nella pratica. Ma Symington non si perdette d'animo, continuò a studiarla, la trasformò e perfezionò gradatamente. Di lì a dodici anni, nel 1801, come vedremo fra non molto, un battello a vapore mosso dalla nuova macchina di Symington attirò a sè molti e ben meritati elogi; l'ispezione di quel battello non riescì inutile allo stesso Fulton.

Ma prima di parlarvi della nuova macchina di Symington, dobbiamo trasportarci in America (1) per assistervi ai primi tentativi ed ai progressi della navigazione a vapore.

IV.

Condizioni degli Stati Uniti d'America dopo la guerra dell'Indipendenza. — Necessità di rapidi mezzi di comunicazione. — Giovanni Fitch e Giacomo Rumsey concepiscono l'applicazione alle navi della macchina di Watt a doppio effetto. — Apparecchio di Fitch, fatto conoscere nel 1785. — Esperienza eseguita da Fitch sul fiume Delaware. — Incoraggiamento di Washington e Franklin. — Momentaneo entusiasmo dei capitalisti. — Le reiterate esperienze raffreddano l'entusiasmo. — Fitch abbandonato dai capitalisti, schernito da tutti, è giudicato pazzo. — Fitch recasi in Francia in cerca di appoggi. — Morte di Brissot. — Estrema miseria. — Generosità del console americano. — Fitch ritorna in America e si annega nel Delaware. — Battello lanciato da Rumsey, nel Pomatoc, nel 1787, mosso dalla reazione dell'acqua.

Dopo otto anni di guerra, l'atto del 5 settembre 1782 proclamava la libertà degli Americani. Il valore di Washington e la saggezza di Franklin avevano fondata l'indipendenza degli Stati Uniti. Le arti della pace, i benefizii dell'industria dovevano rendere fruttifera la grande opera iniziata dall'esito brillante delle armi americane. Ma la situazione topografica di quelle contrade presentava grandi ostacoli allo sviluppo delle relazioni mercantili. L'immenso territorio degli Stati Uniti, vasto più di mezza Europa, assai scarsamente popolato, sprovveduto di buone strade, solcato da grandi fiumi, le cui sponde, coperte da folte foreste, sono inaccessibili all'alaggio, richiedeva imperiosamente mezzi di trasporto ben diversi da quelli fino allora in uso nel vecchio mondo. Lo slancio del commercio si sarebbe tosto arenato per l'insufficienza delle vie di comunicazione fra l'interno e le rive dell'Oceano. I grandi fiumi che attraversano il paese, gl'immensi laghi che ne segnano i confini a settentrione, i golfi e le baie che frastagliano le sue coste meridionali, avrebbero ben potuto fornire economici mezzi di comunicazione, ma, circondati da terre e perciò riparati dai venti, i golfi degli Stati Uniti non potrebbero prestarsi senonchè a navigazione veliera assai lenta; le spiagge paludose dei grandi fiumi, coperte di boschi, rendono impossibile l'alaggio. Aggiungi a ciò che il Mississipi e i suoi mille affluenti non possono per lunghissimi tratti venir percorsi contro corrente da qualsivoglia specie di navi a vela od a remi, per la grande rapidità della corrente.

Ciò spiega il perchè i barconi piatti che, carichi di prodotti naturali, discendevano quel re dei fiumi, impiegavano un mese a recarsi dalle lontane regioni occidentali fino alla Nuova Orleans, venivano colà demoliti per l'impossibilità di ricondurli al punto di partenza.

È dunque facile comprendere di quanta importanza doveva essere la navigazione a vapore per gli Stati Uniti d'America. La navigazione a vapore che si emancipa dall'alaggio, che trionfa della rapidità delle correnti, che non ha bisogno dell'impulso dei venti, che non soffre ritardi anche in mezzo alla calma più ostinata.

Non appena conosciuta la macchina di Watt a

(1) Vedi Figuier, *Merveilles de la Science*, vol. 1, pag. 174 e seguenti.

doppio effetto, si pensò, in America, di applicarla alla navigazione. L'invenzione di Watt fu nota nel 1781, però essa ricevette soltanto nel 1784 quei perfezionamenti che la resero atta a trasmettere un continuo movimento di rotazione perfettamente regolare. In quello stesso anno 1784, due costruttori americani, Giovanni Fitch e Giacomo Rumsey, esponevano al generale Washington il risultato dei loro lavori.

Rumsey si presentò prima di Fitch, ma questi fu più pronto nell' esperimentare il suo sistema, in proporzioni bastantemente grandi.

L'apparecchio motore impiegato da Fitch, da lui presentato nel 1785 alla *Società filosofica di Filadelfia*, fu descritto dallo stesso inventore il primo dicembre 1786 in un giornale di Filadelfia, il *Colombian Magazin*, dal quale è ricavato il qui unito disegno (fig. 118).

Nel cilindro a vapore, collocato orizzontalmente

Fig. 118. Battello di Fitch.

nel fondo dell'imbarcazione, scorreva uno stantuffo, il cui moto di va e vieni veniva trasmesso ad un albero, al quale imprimeva, mercè apposito congegno, un continuo movimento di rotazione. L'albero portava quattro manovelle all'estremità delle quali era articolata un' asta di legno orizzontale. Ognuna di queste quattro aste orizzontali portava tre remi. Il movimento dello stantuffo sollevava ed abbassava alternatamente le aste orizzontali imprimendo ad esse in pari tempo un movimento di va e vieni. Con tale disposizione, i remi venivano alternatamente sollevati ed abbassati, e nel tempo stesso si muovovano, parallelamente ai fianchi della nave, come i remi ordinarii manovrati dalla mano dell' uomo.

Nell'estate 1787, Fitch sperimentò solennemente il suo battello sulle acque del fiume Delaware.

I due immortali fondatori della Repubblica americana, Washington e Franklin, unitamente a parecchi altri membri del Congresso, stavano a bordo del battello. Quei due grandi uomini, che avevano resa l'indipendenza alla loro patria, non lasciavano sfuggire nessuna occasione per promuovere ed incoraggiare il progresso, consolidando così l'opera del loro patriottismo e del loro genio.

Il battello di Fitch risalì felicemente la corrente del fiume e percorse più d'un miglio inglese (1609 metri) in meno d'un quarto d'ora. Tenuto calcolo della velocità contraria della corrente, il battello aveva navigato con la velocità di cinque miglia e mezza l'ora.

Washington, Franklin e gli altri membri del Congresso che avevano assistito all'esperienza, rilasciarono a Fitch certificati favorevolissimi per la sua felice invenzione.

Nel 1788 Fitch ottenne dal governo degli Stati Uniti un brevetto di privativa della sua invenzione, valevole per 14 anni negli Stati di Virginia, Maryland, Pensilvania, Nuova-Yersey e Nuova-York. Fitch fece appello agli americani per costituire per azioni una società di navigazione a vapore. Le sottoscrizioni non si fecero aspettare; tutti vollero incoraggiare la nuova invenzione, tutti portarono il loro tributo all' inventore. Questi si propose di istituire anzitutto un regolare servizio di trasporti fra Trenton e Filadelfia, distanti l' una dall' altra quattro o cinque miglia.

A tale scopo era mestieri impiegare una gran nave e quindi anche una macchina a vapore di grandi dimensioni; quella impiegata nel 1787 sul Delaware era troppo piccola e quindi troppo debole. Filadelfia, che oggi conta numerosissimi stabilimenti meccanici, non ne possedeva a quel tempo neppur uno. A stento e con ingente dispendio Fitch potè far costruire dai fabbri del paese la macchina a vapore di cui abbisognava. Quella macchina a vapore riescì tutt'altro che perfetta; installata a bordo della nave, potè appena farla muovere con la velocità di tre miglia all' ora. Nella prima esperienza eseguita sul Delaware il battello aveva la velocità di cinque miglia e mezzo all'ora; sembrava quindi che l'invenzione, anzichè progredire, avesse indietreggiato. Parecchi azionisti ne furono scoraggiati ed incominciarono a pronosticar poco bene dell'impresa.

Tuttavia un uomo intelligente ed operoso, il dottor Thornton, si affrettò a rassicurare i timidi ed a risvegliare la primitiva fiducia. Ei si impegnò a far andare il battello colla velocità di otto miglia all'ora, obbligandosi, — qualora il tentativo non sortisse esito felice, — a pagare del proprio tutte le spese che sarebbero state occasionate dalla nuova esperienza.

Thornton rimediò alle cattive disposizioni dei principali organi della macchina e in capo a un anno tutto era pronto per la nuova esperienza. Questa ebbe luogo con la massima solennità in presenza di tutte le autorità di Filadelfia. La nave

percorse un lungo tratto sul Delaware, muovendosi, come Thornton aveva predetto, con la velocità di otto miglia all'ora.

Tuttavia il pubblico, che erasi immaginato di veder la nave correre con velocità ben maggiore, si mostrò poco soddisfatto. Fitch, secondato dal dottor Thornton, credette dover introdurre nuovi perfezionamenti nella sua macchina. Grazie a questi, la nave a vapore di Fitch potè, nella primavera del 1792, percorrere in un sol giorno una distanza di ottanta miglia inglesi (circa 120 chilometri). Ma il troppo lungo tempo ormai trascorso dal principio dell'impresa ed i continui dispendi richiesti dai reiterati tentativi di Fitch affievolirono gradatamente tutto l'entusiasmo degli azionisti; all'entusiasmo subentrò lo scoraggiamento; essi preferirono rinunciare ai benefici che pur sarebbero ridondati a loro vantaggio, anzichè spendere ulteriormente in esperienze per le quali non nutrivano più fiducia alcuna.

Fitch, abbandonato a sè stesso, dovette vendere tutte le sue sostanze per procurarsi i mezzi necessarii a proseguire le sue esperienze. Egli vagheggiava una grande idea: attraversare rapidamente l'Atlantico con navi a vapore.

Convinto che la navigazione a vapore non era un sogno, che l'idea era ormai matura e pratica, Fitch desolavasi delle difficoltà di far dividere ad altri le sue convinzioni. La sua persistenza in quest'idea lo isolò a poco a poco da tutti i suoi amici; nessuno voleva avvicinarlo per non udirlo ripetere sempre gli stessi discorsi. Molti lo schernivano; i più buoni lo commiseravano.

Un giorno Fitch era nella bottega del fabbro che aveva lavorato sotto i suoi ordini per la costruzione della macchina, e dopo avere sviluppato, forse per la millesima volta, le sue idee intorno alla navigazione a vapore, così concluse:

« Io sono troppo vecchio, non riuscirò ad essere il testimonio, ma verrà un giorno in cui voi, miei cari, vedrete i battelli a vapore solcare l'Atlantico e creare, fra i due mondi, pronte e facili relazioni. »

A quest'asserzione tutti gli astanti si guardarono in silenzio e quando Fitch, agitato per la lunga discussione, se ne partì da quel luogo, uno degli astanti formulò il pensiero di tutti gli altri, esclamando:

« Pover uomo! Oramai è pazzo e non c'è speranza di poterlo guarire! »

Fig. 119. Giovanni Fitch, primo inventore dei battelli a vapore in America, si dà la morte nelle acque del Delaware presso Filadelfia.

Il lettore può adesso giudicare chi fosse pazzo davvero, Fitch o i suoi interlocutori.

Abbandonata ogni speranza di poter ottenere in America l'appoggio necessario per mandare ad effetto i suoi proponimenti, Fitch lasciò il Nuovo Mondo. Venne in Europa lusingandosi di trovarvi migliore accoglienza. Egli sbarcò a Lorient in Francia, sul cadere del 1792. Per mala ventura di Fitch, la Francia era in quel tempo un campo [illegible]

propizio alle invenzioni scientifiche od industriali. Tutti gli animi erano assorti nella politica, nella guerra contro allo straniero. Fitch contava molto sull'appoggio del convenzionale Brissot, ch'egli aveva conosciuto antecedentemente a Filadelfia; Brissot lo accolse favorevolmente, e sotto i di lui auspici, Fitch si presentò ad una seduta della Convenzione Nazionale che fece buon viso all'inventore americano. Ma Brissot perì sul patibolo il 31 ottobre 1793 e Fitch perdè così il suo unico appoggio. Il povero inventore, privo d'ogni cosa, dovette rinunciare ai suoi grandi progetti. Ritornò a Lorient per restituirsi quindi in America. Tanta era la sua miseria che ei non fu in grado di pagare il posto a bordo della nave che doveva ricondurlo in patria. Il console degli Stati Uniti pagò generosamente il prezzo del viaggio.

Ritornato a Filadelfia, Fitch condusse ancora per qualche tempo un'esistenza di miserie e di dolori. Avendo dedicata tutta la sua vita al trionfo d'una sola idea e non avendo più alcuna speranza di mandarla ad effetto, Fitch, in preda a cupa disperazione, troncò col suicidio l'infelice sua esistenza. Ei si precipitò, dall'alto d'una rupe, nelle acque del Delaware, a poca distanza da Filadelfia; ei finì i suoi giorni in quel fiume che era stato il teatro dei suoi lavori, dei suoi trionfi e delle sue speranze.

Fitch lasciò in eredità, alla Società filosofica di Filadelfia, i manoscritti ed i disegni relativi ai suoi studi intorno alla navigazione a vapore, affinchè altri potessero continuare, — « se ne avranno il coraggio » scrisse mestamente il povero Fitch, — l'opera da lui iniziata.

Giacomo Rumsey, da noi già nominato al principio di questo capitolo, aveva adottato un sistema ben diverso da quello di Fitch. Rumsey collocava a prora della nave una macchina a vapore che animava una pompa aspirante premente; questa aspirava l'acqua dal di fuori, la cacciava entro ad un canale e la obbligava ad uscire da un foro praticato nella chiglia verso poppa. La reazione prodotta da questo getto di acqua, imprimeva un movimento progressivo al battello. Il merito di questo concetto non spetta però a Rumsey, bensì al valente matematico Daniele Bernoulli da noi già menzionato. Rumsey, incoraggiato da Franklin, applicò questo sistema ad un battello, nel 1787.

Il battello lanciato nel Potomac si mosse con la debole velocità di due nodi e mezzo (circa quattro chilometri e mezzo) all'ora. Ei si rivolse al Congresso degli Stati Uniti per ottenere un brevetto a suo favore, ma il Congresso, precedentemente impegnatosi con Fitch, non credette poter aderire alla domanda di Rumsey. Questi si recò allora in Europa, lusingandosi di trovarvi qualche appoggio. Andò a Londra, ed ebbe la buona sorte di incontrarsi con un ricco negoziante americano che mise a sua disposizione tutte le somme occorrenti al proseguimento delle esperienze che, secondo Rumsey, dovevano assicurare il buon esito della sua invenzione. Dopo due anni dedicati da Rumsey a nuovi studii, a nuove esperienze, mentre ei lusingavasi di poter cogliere finalmente il frutto delle sue fatiche, cadde malato e morì.

Tuttavia Rumsey giovò indirettamente al trionfo della navigazione a vapore, richiamando su questo importante argomento l'attenzione dell'illustre Fulton, a cui l'umanità è debitrice di sì grande invenzione.

V.

ROBERTO FULTON.

Gioventù di Fulton. — Fulton orefice e pittore a Filadelfia e quindi a Londra; suo amore per la meccanica. — Politica e commercio. — La libertà dei mari. — Il Nautilo *e la* Torpedine. *— Esperienze eseguite a Brest nel 1801.*

Roberto Fulton nacque nel 1765 a Little-Britain, nella Pensilvania (America del Nord). I suoi genitori erano poveri emigrati irlandesi, imparò a leggere e scrivere nella scuola del villaggio e fu quindi mandato ancor giovanissimo a Filadelfia in qualità d'apprendista in un negozio d'oreficeria. Le occupazioni obbligatorie non gli impedirono di coltivarsi nel disegno, nella pittura, nella meccanica; perocchè egli sentiva speciale vocazione per queste arti. A diciassette anni era già discreto pittore, potè abbandonare l'oreficieria e guadagnarsi l'esistenza col suo pennello. Un ricco Americano, vedendo i dipinti del giovane Fulton, lo consigliò a recarsi in Europa per perfezionarsi nella pittura, ed ebbe la generosità di sostenere le spese del viaggio. Fulton venne dunque in Europa nel 1786 e rimase qualche tempo a Londra nello studio del valente pittore americano Beniamino West, che apprezzando i meriti di Fulton, lo accolse con molta benevolenza e gli accordò poi la sua amicizia. Fulton progrediva nella pittura, ma nel tempo stesso aumentava in lui l'amore per la meccanica. Disperando

di farsi un nome come pittore, ei rinunciò a quest'arte per darsi esclusivamente alla meccanica. Passò due anni nella città eminentemente manifatturiera di Birmingham, durante i quali fu impiegato in qualità di disegnatore in una fabbrica di macchine e potè in pari tempo perfezionarsi nella meccanica. Nel 1788 ei fece ritorno a Londra nella lusinga di poter trarre partito delle cognizioni acquistate. In quest' occasione si incontrò e strinse relazione col suo compatriota Giacomo Rumsey, il quale fece conoscere a Fulton tutti i vantaggi che la navigazione a vapore avrebbe recati al loro paese. Fulton riconobbe i difetti inerenti al sistema adottato da Rumsey e lo consigliò a rinunciarvi e ad impiegare invece le ruote a palette; la repentina morte di Rumsey pose termine ai loro progetti. Fulton studiò parecchi argomenti relativi al perfezionamento dei canali di navigazione e costrusse varie macchine ingegnose; un mulino per segare e pulire i marmi, una macchina per la filatura della canapa e del lino, ed un'altra per la fabbricazione dei cordami. Queste invenzioni furono lodate dai corpi scientifici d'Inghilterra, e Fulton ottenne da essi medaglie e diplomi d'onore, ma non trovò alcun capitalista disposto a sovvenirlo. Lusingandosi di trovare maggiori incoraggiamenti in Francia, Fulton lasciò l'Inghilterra e si recò a Parigi sul cadere del 1796.

Si presentò a ministri e ad uomini d'affari, cercando persuaderli dei vantaggi del suo sistema di canali, ma non tardò a convincersi che i suoi progetti non avrebbero trovato neppure a Parigi la bramata accoglienza. Rivolse allora la sua attenzione a un altro ordine di idee.

Il commercio degli Stati Uniti d'America trovavasi in quel tempo fortemente arenato per le continue guerre che si combattevano in Europa.

La potente marina inglese dominava le marine di tutti i paesi e predava le navi mercantili delle nazioni a lei nemiche. — Fulton voleva contribuire a liberare il commercio da giogo sì ferreo, e perciò si pose in cerca di un formidabile mezzo di distruzione, mercè il quale fosse possibile annientare le flotte inglesi e liberare i mari dalla tirannia dell'Inghilterra. Fulton iniziò adunque a Parigi, sul cadere del 1797, e continuò negli anni successivi, una serie di ricerche aventi in mira la navigazione sottomarina in grazia della quale ei lusingavasi di raggiungere la meta ch'ei s'era proposta. Rivoltosi al governo francese per ottenere i capitali necessarii ad istituire opportune esperienze, non trovò alcun appoggio; e se volle mandarle ad effetto, gli fu mestieri dedicarsi nuovamente alla pittura per guadagnarsi col suo pennello le somme all'uopo indispensabili. Il buon esito di quelle esperienze invogliò Fulton a ritentarle in proporzioni più ampie; perciò si rivolse di bel nuovo al governo francese a capo del quale trovavasi allora il generale Bonaparte. Questi nominò una Commissione composta d'illustri scienziati che approvarono le idee di Fulton ed appoggiarono la sua domanda. Il governo fornì adunque i fondi necessarii, mercè i quali Fulton potè costruire un battello sottomarino e lo sperimentò pubblicamente nella rada di Brest durante l'estate 1801. Risulta da autentici documenti che in una delle esperienze eseguite in quell'epoca, Fulton discese nell'acqua col suo battello fino alla profondità di 80 metri, rimase venti minuti sott'acqua e ritornò alla superficie a gran distanza dal punto in cui era scomparso, scese quindi di bel nuovo e ricomparve in gran vicinanza del suo primo punto di partenza. Un altro giorno rimase quattr'ore sott'acqua, in capo alle quali lo si vide comparire in un punto distante circa venti chilometri dal punto di partenza.

L'invenzione di Fulton non riducevasi al solo battello sottomarino, cui egli pose il nome di *Nautilo*; Fulton aveva pur inventata una macchina infernale o *torpedine* che, applicata contro ai fianchi d'una nave, avrebbe bastato a farla saltare in aria.

La torpedine di Fulton era una scatola di rame contenente circa 50 chilogrammi di polvere da cannone. Questa scatola era munita d'un acciarino, simile a quello dei vecchi fucili. Il movimento dell'acciarino veniva regolato da un meccanismo di orologeria, in grazia al quale l'acciarino scattava nell'istante prestabilito. Fulton sperimentò pubblicamente nella rada di Brest anche la sua torpedine; un quarto d'ora dopo ch'ei l'ebbe lanciata contro i fianchi d'una scialuppa, questa saltò in aria e rimase completamente distrutta.

Fulton tentò di accostare col suo *Nautilo* qualcuno dei bastimenti inglesi che incrociavano in vicinanza di Brest, per distruggerlo quindi colla torpedine, ma non potè mai raggiungere l'intento. Bonaparte che avrebbe voluto cogliere tosto i frutti dell'invenzione di Fulton, si impazientò vedendo trascorrere mesi e mesi senza alcun risultato decisivo, giudicò infine come chimerico il progetto di Fulton (1), e questi rimase privo d'ogni ulterior sovvenzione governativa.

(1) Il concetto fondamentale delle torpedini proposte dal Fulton nel 1801 è ben poco diverso da quello che serve di base agli apparecchi dello stesso nome sperimentati in questi ultimi anni. La differenza più importante consiste nella scelta della materia esplosiva; presentemente, grazie ai progressi della chimica, si sostituì alla polvere da cannone una sostanza liquida, di nuova invenzione: la nitroglicerina dotata di formidabili proprietà esplosive di gran lunga superiori a quelle della polvere.

VI.

Fulton stringe relazione con Livingston. — Nuove esperienze intorno alla navigazione a vapore. — Il peso della macchina squarcia il battello destinato all'esperienza. — Perseveranza di Fulton. — Esperienza eseguita a Parigi il 9 agosto 1803. Bonaparte primo console non apprezza l'invenzione di Fulton. — Lettera apocrifa attribuita a Napoleone I.

Costretto suo malgrado a rinunciare ai progetti ch'ei coltivava calorosamente già da più anni, Fulton disponevasi a far ritorno in America, quando sul cadere del 1801 conobbe a Parigi Roberto Livingston, ambasciatore degli Stati Uniti. Questi ora stato cancelliere dello Stato di Nuova York pel corso di venticinque anni, durante i quali avava avuto occasione di occuparsi dell'importante problema della navigazione a vapore. Egli aveva sperimentati nel 1797 sul fiume Hudson parecchi modelli di battelli a vapore, simili a quelli già costrutti precedentemente, ed aveva poi chiesto al Congresso dello Stato di Nuova York un brevetto di privativa per la navigaziono a vapore nelle acque di quello Stato. Il Congresso aderì alla domanda di Livingston, a patto che questi fosse in grado di presentare nel periodo d'un anno un battello a vapore animato dalla velocità di tre miglia inglesi (circa chilometri 4,8). Livingston fece tosto costruire un battello a vapore, ma non fu in grado di farlo muovere con la velocità prestabilita. Tuttavia ei non volle rinunciare all'arduo problema, e quando si recò in Francia nel 1801 a rappresentarvi il suo paese, nutriva ancora vivissima speranza di poter risolvere l'importante quesito della navigazione a vapore.

Fig. 120. Roberto Fulton

Non appena Livingston ebbe conosciuto Fulton, il quale era, come abbiam detto, sul punto di rimpatriare, ne apprezzò tosto l'attività e i meriti, e lo indusse a prorogare la sua partenza per occuparsi nuovamente, a di concerto con lui, delle ricerche relative all'applicazione del vapore alla navigazione, che tanto importava alla loro patria. Fulton non se lo fece dire due volte, stipulò un contratto con Livingston, nel quale questi obbligavasi a fornire i capitali, mentre Fulton si impegnava di eseguire gli studi e le esperienze necessarie. Dopo avere studiati i singoli sistemi di propulsione fino allora proposti, Fulton giudicò preferibile l'applicazione di ruote a palette sui due fianchi del battello. Fulton pose dunque mano a Parigi, sul cadere del 1802, alla costruzione d'un battello munito di due ruote a palette che dovevano esser messe in movimento da una macchina a vapore. Al principio del 1803 tutto era già pronto per sperimentare pubblicamente quel battello sulle acque della Senna, quando un bel mattino Fulton vide entrare improvvisamente nella sua stanza uno degli operai addetti al lavoro; la figura scomposta di quell'operaio annunciò tosto a Fulton una grave disgrazia: il battello, troppo debole per reggere il peso della macchina a vapore, che ormai era già stata collocata a bordo, agitato dal vanto impetuoso che aveva soffiato durante la notte, si era squarciato ed era andato a picco. È facile immaginare il dolore che deve aver provato il povero Fulton vedendo distrutto improvvisamente il frutto de' suoi lunghi studi, dei suoi pazienti lavori, proprio nel momento in cui stava per raggiungere la meta tanto sospirata. — Per buona sorte la tempra di Fulton non era tale da lasciarsi abbattere dagli insulti della fortuna; ei non si perdette d'animo, e per ventiquattro ore continue, senza darsi neppure un istante di riposo, lavorò assiduamente, unitamente ai suoi operai, a ritirare dal fondo del fiume la macchina a vapore e gli avanzi del battello. La macchina potè essere finalmente ricuperata in buono stato; convenne però costruire un nuovo battello. Ammaestrato dall'esperienza, Fulton costruì un battello solidissimo, che misurava 33 metri di lunghezza a due metri e mezzo in larghezza.

Il 9 agosto 1803 questo battello navigò sulla

Senna, presso a Parigi, in presenza di numerosissimi spettatori. Si riconobbe, a più riprese, che il battello risaliva la corrente con la velocità di 1.m 6 per secondo, corrispondente a quella di quasi 6 chilometri all'ora.

Fulton si rivolse poi al primo console, pregandolo che facesse esaminare minutamente la sua invenzione dall'Accademia delle scienze e dichiarando che era disposto a farne omaggio alla Francia. Bonaparte rifiutò. I lunghi tentativi, rimasti infruttuosi, concernenti l'attacco sottomarino delle flotte nemiche, e le continue domande di sovvenzioni indirizzategli da Fulton, avevano lasciata una impressione poco favorevole nella mente del primo console, il quale giudicava molto severamente la condotta ed i progetti di quello straniero. Un influente personaggio, incaricatosi di perorare la causa di Fulton presso Bonapate, fu interrotto in questi termini:

« Tutte le capitali d'Europa riboccano d'avventurieri e di progettisti che girano il mondo offrendo a tutti i sovrani le loro pretese invenzioni, che esistono solo nella lor fantasia. Sono ciarlatani ed impostori che si prefiggono un solo scopo, estorcer denaro. L'americano, per cui vi interessate, è uno di costoro. Non parlatemene altro. »

Erroneamente alcuni storici pretendono che l'Accademia delle scienze di Parigi abbia respinta la invenzione di Fulton; l'Accademia non fu neppur chiamata a pronunciarsi. È ben vero che in alcuni libri si legge una lettera che sarebbe stata scritta il 21 luglio 1804 da Napoleone al ministro dello interno, nella quale il ministro è invitato a chiedere il voto dell'Accademia delle scienze intorno all'invenzione di Fulton; ma quella lettera è apocrifa (1) e non ha quindi alcun valore.

VII.

Privativa condizionata concessa dal Congresso di Nuova York a Livingston e Fulton. — I due soci ordinano apposita macchina all'officina di Bulton e Watt. — Secondo soggiorno di Fulton in Inghilterra. — Nuove esperienze eseguite da Symington mercè l'appoggio di lord Dundas. — La Carlotta Dundas e l'esperienza del marzo 1802. — Obbiezioni dei proprietarii del Canale del Forth e Clyde. — Fulton esamina il nuovo battello di Symington e quindi s'imbarca per l'America.

Vedendo respinta in Francia la sua invenzione, Fulton pensò di farla adottare in America, valendosi dell'appoggio di Livingston. Quest'ultimo scrisse allora ai membri del Congresso dello Stato di Nuova York, informandoli dei risultati della pubblica esperienza eseguita a Parigi. Il Congresso apprezzò giustamente quei risultati e concedette a Livingston e Fulton la privativa per la navigazione a vapore sulle acque dello Stato, pel periodo di vent'anni, a partire dal 1803. Il Congresso richiedeva però dai due soci che questi fossero in grado, entro due anni, di far navigare un battello a vapore, atto a risalire la corrente del fiume Hudson, con la velocità di quattro miglia all'ora (metri 6400).

Livingston, quando fu in possesso di questo brevetto concessogli dallo Stato di Nuova York, scrisse tosto in Inghilterra a Bulton e Watt, ordinando ad essi di fabbricargli una macchina a vapore, in base ai disegni ed alle dimensioni prestabilite da Fulton, senza però indicare a qual uso doveva servire quella macchina. Dopo di che Fulton stesso si recò in Inghilterra per sorvegliare la costruzione della macchina nell'officina di Soho.

Durante questo secondo soggiorno di Fulton in Inghilterra ei conobbe l'ingegnere Symington, quello stesso che nel 1789, come già sanno i nostri lettori, aveva eseguite, di concerto con Taylor e Miller, alcune esperienze relative alla navigazione a vapore. Symington aveva abbandonata ogni speranza di potersi dedicare al perfezionamento della navigazione a vapore, quando nel 1801 un ricchissimo inglese, lord Dundas, uno dei più grossi proprietari del canale del Forth e Clyde, lo incoraggiò a riprendere lo studio del grave quesito, e mise la sua borsa a disposizione di Symington, nella lusinga di poter sostituire la forza del vapore a quella dei cavalli fino allora impiegata per rimorchiare le barche nei canali. Le esperienze e gli studi di Symington, incominciati nel gennaio 1801, continuarono fino all'aprile 1803, e costarono a lord Dundas l'ingente somma di 70,000 lire sterline (1,750,000 lire italiane). Questa somma non fu sprecata, poichè, grazie ad essa, Symington riuscì a combinare una macchina a vapore che si prestava egregiamente alla navigazione sui canali. Questa

(1) La falsità di questa lettera fu chiaramente dimostrata dal Figuier, *Exposition et histoire des principales découvertes scientifiques modernes*; T. I, pag. [illegible], Paris, 1862.

macchina, ben poco diversa da quella in uso al presente, era a doppio effetto, a due cilindri, i gambi dei quali agivano concordemente sopra un solo asse, sul quale era fissata una ruota a palette collocata alla parte anteriore del battello. In onore della figlia del suo mecenate, Symington pose al battello il nome di *Carlotta Dundas*. Nel marzo 1802 Symington fece con questo battello una corsa di prova alla quale presero parte lord Dundas ed altri gentiluomini. Il battello rimorchiò in pari tempo due barconi, pesanti ciascuno 70 tonnellate, e sebbene dovesse lottare col vento contrario, pure percorse, lungo il canale, un tratto di 20 miglia (circa 32 chilometri) impiegandovi sei ore. Lord Dundas rimase soddisfattissimo di questa esperienza, e propose al consorzio dei proprietari del canale di adottare definitivamente l'invenzione di Symington, come unico mezzo per rimorchiare le barche sul canale di Forth e Clyde. Quei signori non si lasciarono persuadere ed insistendo sui continui danni che l'agitazione dell'acqua nel canale (prodotta dal movimento della ruota a palette) avrebbe recati alle arginature laterali, non vollero udir parlare di navigazione a vapore. Il povero Symington dovette quindi rinunciare, suo malgrado, al progetto da lui tanto caldeggiato. La *Carlotta Dundas* rimase ormeggiata in un punto del canale per molti anni di seguito, senza che alcuno pensasse ad utilizzarla.

Fulton visitò minutamente quella nave e la macchina a vapore applicatavi da Symington, ed è verosimile che quest' ispezione abbia contribuito in parte al finale trionfo del meccanico americano.

La macchina a vapore ordinata da Livingston e Fulton nel 1804 potè essere ultimata soltanto nell'ottobre del 1806. Subito dopo fu imbarcata su una nave e spedita a Nuova York ove giunse contemporaneamente a Fulton nel dicembre di quell'anno.

VIII.

Costruzione del *Clermont*. — Severa critica mossa contro Fulton e Livingston. — Scetticismo universale. — Pubblica esperienza dell'11 agosto 1807. — Mutabilità della moltitudine. — Applausi ed entusiasmo generale. — Rapido viaggio da Nuova York ad Albany. — Opposizione mossa dai proprietarii di bastimenti a vela. — Diffusione della navigazione a vapore sui fiumi americani. — Fregata a vapore costrutta da Fulton per difendere il porto di Nuova York. — Morte di Fulton. — Lutto degli Americani.

Appena arrivato a Nuova York, Fulton si occupò tosto, di concerto con Livingston, della costruzione del battello che doveva poi ricevere la macchina a vapore espressamente costrutta in Inghilterra, e mercè la quale i due soci lusingavansi di ottenere il privilegio ad essi condizionatamente promesso dal governo di Nuova York.

Questo battello, cui Fulton chiamò il *Clermont*, nome d'una villa posseduta da Livingston sulle sponde del fiume Hudson, fu costrutto a Nuova York nel cantiere di Carlo Brown. Il *Clermont* misurava 50 metri in lunghezza, 5 in larghezza ed era della portata di 150 tonnellate. Sui fianchi del battello erano collocate due ruote a palette, ciascuna delle quali misurava 5 metri di diametro; le palette erano lunghe 1.m 20. La macchina a vapore, della forza di 18 cavalli, era a doppio effetto, con condensatore. Lo stantuffo motore aveva 24 pollici inglesi (0.m 610) di diametro ed una corsa di 4 piedi (1.m 219). La caldaia era lunga 20 piedi (6.m 10), alta 7 (2.m 13) e larga 8 (2.m 44). Lo stantuffo motore, ascendendo e discendendo alternatamente entro al cilindro, disposto verticalmente (vedi fig. 122), metteva in movimento, mercè il suo gambo, una verga rigida orizzontale, a ciascun capo della quale era applicata con articolazione una biella; ciascuna di queste due bielle era congiunta del pari con articolazione all'estremità d'un bilanciere laterale, il cui continuo movimento di ascesa e di discesa veniva poi trasformato con un sistema di ruote dentate in movimento circolare continuo impresso all'asse od albero che portava le due ruote a palette. L'apparecchio meccanico del *Clermont* conteneva quindi la massima parte delle disposizioni adottate posteriormente per le macchine di navigazione fluviale.

Fulton approfittò senza dubbio di tutte le idee emesse dagli inventori che lo precedettero, ma seppe coordinarle e farne un complesso armonico, nel che mostrò tanto ingegno come se avesse ideati lui solo i singoli meccanismi.

Tuttavia non convien credere che l'ardita impresa di Fulton, sì mal apprezzata in Europa, avesse ricevuto in America un'accoglienza più lusinghiera. Tutta Nuova York condannava apertamente l'audace impresa e biasimava le grandi dimensioni assegnate da Fulton al battello che doveva servire alla solenne esperienza. Siccome le spese incon-

trate da Livingston e Fulton per la costruzione del battello e della macchina, superavano di molto il preventivo da essi istituito, così i due soci stimarono conveniente di offrire ai loro concittadini di ceder loro una terza parte dei beneficii che sarebbero derivati dall'impresa, purchè volessero sottostare ad un terzo della spesa. Nessuno approfittò di questa offerta, che fu anzi risguardata come un'implicita confessione di probabile sconfitta.

Il 10 agosto 1807 il *Clermont* venne lanciato in acqua, nel fiume Orientale; all'indomani Fulton saliva a bordo in mezzo alle risa ed agli sciocchi sarcasmi della moltitudine. Ma quando Fulton ebbe dato il segnale della partenza ed il battello incominciò a muoversi maestosamente, dapprima lento e poi rapido, quella stessa moltitudine che dianzi lo scherniva, vinta dall'ammirazione, lo applaudì entusiasticamente. Durante questa prima corsa di prova, Fulton potè riconoscere nella sua macchina alcuni lievi difetti, facilmente rimediabili; pochi giorni dopo, i difetti erano scomparsi e Fulton annunciava al pubblico che il *Clermont* avrebbe impreso un servizio regolare di trasporti fra Nuova York ed Albany e fissava il giorno e l'ora del primo viaggio.

Quest'annuncio stupì assai gli abitanti di Nuova York; tutti avevano veduto il *Clermont* in movimento, ma nessuno credeva possibile che si potesse, con un battello a vapore, istituire realmente un servizio di trasporti. Non comparve neppur un passaggiero; tuttavia Fulton, con la sua ferma fiducia nel buon esito finale, partì per Albany, nell'istante prestabilito, senz'altri a bordo che la piccola ciurma.

Nuova York ed Albany, situate entrambe sulle rive del fiume Hudson, sono distanti l'una dall'altra circa 150 miglia inglesi (241 chilometri). Ad onta del vento contrario che soffiò durante tutto il viaggio, il *Clermont*, viaggiando di continuo, anche di notte, percorse quella distanza in sole trentadue ore. Nel viaggio di ritorno, da Albany a Nuova York ne impiegò solo trenta; e questa volta ebbe finalmente la soddisfazione di trasportare un passeggero. Compiuto felicemente questo primo viaggio, il *Clermont* continuò, secondo il programma prestabilito, a compiere un regolare servizio di trasporti fra Nuova York e Albany. Gli evidenti vantaggi che derivano dalla navigazione a vapore furono ben presto apprezzati dagli abitanti di queste due città; il numero dei passeggeri andò gradatamente aumentando, ed in breve il *Clermont* fu troppo piccolo rispetto al cresciuto numero dei viaggiatori.

I due soci poterono quindi indennizzarsi delle molte spese fino allora sostenute con sì rara perseveranza.

Tuttavia ci volle qualche difficoltà a vincere i pregiudizii che si opponevano a questo nuovo sistema di navigazione. Si pretendeva da molti che la navigazione a vapore riuscirebbe dannosa al paese paralizzando lo sviluppo delle costruzioni navali. I proprietarii dei bastimenti a vela che navigavano sull'Hudson, videro nel *Clermont* un formidabile rivale e tentarono a più riprese di investirlo per mandarlo a picco. Per troncare questa lotta, il Congresso dello Stato di Nuova York dovette dichiarare che le offese recate al piroscafo verrebbero punite con multe e prigionia, come se fossero offese pubbliche.

Malgrado gl'inevitabili ostacoli che sbarrano la via ad ogni nuova invenzione, che nasce in mezzo ad interessi contrarii già da gran tempo stabiliti l'impresa di Fulton e Livingston acquistò in breve un alto grado di prosperità!

L'11 febbraio 1809 Fulton ottenne dal governo americano un brevetto che gli garantiva il privilegio delle sue invenzioni relative alla navigazione a vapore. Nel 1811 Fulton costrusse quattro magnifici battelli a vapore, il più grande dei quali, della portata di 526 tonnellate, era destinato al servizio fra Nuova York ed Albany. Nel 1812 ei vendette parte dei suoi diritti ad alcune compagnie americane, per le quali egli stesso costruì i necessarii battelli a vapore. E così ebbe principio la navigazione a vapore nei varii rami del fiume Mississipi e dell'Ohio.

La creazione della marina a vapore era l'avvenimento più importante che si verificava negli Stati Uniti dopo la celebre guerra dell'indipendenza. I perseveranti lavori di Fulton impressero nuova attività al genio americano. I legami che univano i singoli Stati dell'Unione poterono restringersi sempre più. Le rive di parecchi fiumi importanti, rimaste fino allora deserte, furono a poco a poco popolate da migliaia e migliaia di coloni che presero a coltivare quelle fertili terre; in riva a quei fiumi sorsero in breve popolose città. I battelli a vapore portarono la vita ed il movimento del commercio in luoghi per l'innanzi deserti. È fuor di dubbio che la coltura dei distretti dell'Ohio, del Missuri, dell'Illinese e dell'Indiana deve alla navigazione a vapore lo straordinario sviluppo acquistato nel giro di pochi anni.

Nel 1814, sembrando prossimo un conflitto fra l'Inghilterra e gli Stati Uniti, il Congresso affidò a Fulton l'incarico di far costruire a Nuova York un'immensa fregata, mossa dal vapore, che doveva essere impiegata a difesa di quel porto. La fregata componevasi di due navi gemelle in mezzo alle quali era collocata un'enorme ruota motrice, che così trovavasi riparata dai colpi nemici. Sul ban-

chi della fregata, armata di trenta cannoni, erano opportunamente disposte delle falci che nel caso d'un abbordaggio potevano essere messe in movimento dalla macchina a vapore; questa doveva inoltre lanciare sul nemico grosse colonne d'acqua fredda, calda o bollente per tenerlo lontano dall'abbordaggio.

Fulton non potè veder ultimata questa nave formidabile. Per sorvegliare l'avanzamento dei lavori della sua fregata ei rimase esposto tutta una giornata di rigido inverno alle inclemenze atmosferiche; così fu colto da un'infreddatura che lo condusse alla tomba il 24 febbraio 1815.

Fig. 121. Il *Clermont* lanciato da Fulton nel fiume Hudson il 10 agosto 1807.

La morte di Fulton fu profondamente sentita da tutti i suoi concittadini; il Congresso dello Stato di Nuova York portò il lutto per trenta giorni. Unico esempio di testimonianza di questo genere accordata, negli Stati Uniti, ad un semplice cittadino che non occupò mai alcuna pubblica carica.

XI.

La *Cometa* dello scozzese Enrico Bell. — Paure del pubblico, tenacità di Bell; la *Cometa* compie il giro delle coste inglesi — Il viaggio del *Savannah* dall'America all'Europa. — Obbiezione contro la navigazione a vapore transatlantica. — Viaggio dall'Europa all'America del *Great-Western* e del *Sirius* nella primavera del 1838. — Entusiasmo degli abitanti di Nuova York. — Felice ritorno in Europa. — Estensione e sviluppo della navigazione a vapore.

L'esito brillante della navigazione a vapore regolarmente attivata in America, fu ben presto conosciuto in Europa ed invogliò un meccanico scozzese, Enrico Bell, a tentare nella sua patria un servizio regolare di navigazione a vapore. Nel 1811 Bell costruì un battello a vapore, cui pose il nome di *Cometa* (in quell'anno tutta Europa ammirava nel firmamento una cometa con lunghissima coda).

La macchina a vapore impiegata da Bell, della forza di tre cavalli, era dello stesso sistema di quella adottata da Fulton pel *Clermont*. La *Cometa* misurava 12 metri in lunghezza e poco più

di 3 metri in larghezza, era della portata di 30 tonnellate; Bell la destinava a compiere un servizio di trasporti sul fiume Clyde, fra Glascow e Greenock.

Nell'estate del 1812 il battello era pronto, Bell ne diede notizia al pubblico col seguente

Avviso ai viaggiatori.

Il sottoscritto essendo riuscito dopo molte fatiche e molta spesa a costruire un elegante battello destinato alla navigazione sul Clyde, fra Glascow e Greenock, il quale può essere animato a piacere o dalla forza del vapore o da quella del vento, si propone di far partire questo battello da Broomelau, tutti i martedì, giovedì e sabato intorno al mezzodì, o poco dopo a seconda dell'ora della marea, e di ripartire da Greenock i lunedì, mercoledì e venerdì nelle ore del mattino approfittando della marea. L'eleganza, la comodità, la rapidità e la piena sicurezza presentate dal battello meriteranno la piena approvazione del pubblico.

I prezzi sono fissati per ora a 4 scellini pei primi posti ed a 3 pei secondi.

Dai bagni di Helensburg, 5 agosto 1812.

ENRICO BELL.

Il pubblico non accorse tanto prontamente quanto Bell lo avrebbe desiderato; la gran maggioranza nutriva ancora molti pregiudizi e strane apprensioni intorno ai pericoli derivanti dall'impiego del vapore nei battelli; nel primo anno la *Cometa* trasportò pochissimi viaggiatori. Bell pensò di far meglio conoscere i vantaggi e la sicurezza che

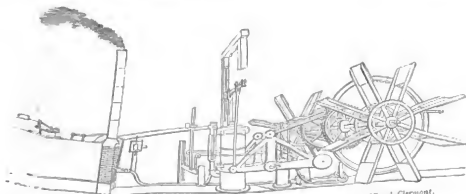



Fig. 122. Veduta prospettica della macchina impiegata dal Fulton nel 1807 sul *Clermont*.

presentavano il suo battello, facendo con esso il giro di tutte le coste di Scozia, d'Inghilterra e di Irlanda. Il pubblico acquistò allora maggior fiducia in quel battello, ed il numero dei passaggeri andò rapidamente aumentando.

Quando non esisteva ancora il servizio regolare della *Cometa*, si contavano in media 80 viaggiatori che andavano giornalmente fra Glascow e Greenock (distanti fra loro 20 miglia inglesi, circa 32 chilometri). Quattro anni dopo, il numero giornaliero dei viaggiatori saliva spesso a 450.

Per soddisfare alle esigenze dell'aumentato movimento, Bell costrusse nel 1815 un battello ben più grande, il *Rob-Roy*, della portata di 90 tonnellate, fornito della macchina della forza di 30 cavalli.

Sul cadere dello stesso anno, Bell costrusse parecchi battelli a vapore che furono da lui spediti in varii porti inglesi e cominciarono a generalizzare l'uso della navigazione a vapore lungo i fiumi e le coste di quel paese.

Gl'incontrastabili vantaggi derivanti da questo nuovo sistema di navigazione furono ben presto apprezzati da tutto il mondo civile; i fiumi, i laghi ed i mari dei due mondi furono in breve solcati in ogni senso da battelli a vapore.

Il 20 giugno 1819 compisvasi la previsione di Fitch. Un grosso battello a vapore, il *Savannah*, della portata di 390 tonnellate, gettava l'àncora nel porto di Liverpool dopo aver attraversato lo Oceano Atlantico, giovandosi parte della macchina a vapore e parte delle sue vele. Il *Savannah* era partito venticinque giorni prima dal porto di Savannah in Georgia (uno degli Stati componenti la Confederazione americana). Quest'ardita impresa riscosse gli applausi universali; ma per molti anni non trovò imitatori. Muovevansi gravi obbiezioni contro la navigazione a vapore transatlantica.

Sembrava impossibile che un battello a vapore potesse recar seco l'enorme quantità di combustibile necessaria ad alimentare le sue caldaie durante il lungo tragitto. Lo spazio che quel combustibile avrebbe occupato non avrebbe permesso di riserbare che uno spazio minimo alle merci; e quand'anche l'impresa avesse potuto effettuarsi, tutti gli eventuali benefici sarebbero stati completamente assorbiti dalla fortissima spesa di combustibile. Perciò i bastimenti a vapore non avrebbero potuto, nei lunghi viaggi, sostenere la concorrenza dei bastimenti a vela. Un professore di Londra, Dionigi Lardner, credette aver dimostrata con una serie di calcoli l'impossibilità della navigazione transatlantica. Per diffondere le sue idee ei si recò poi a Bristol, ove quest'importante argomento era all'ordine del giorno, e tenne colà una pubblica conferenza nella quale dichiarò che il voler attraversare l'Atlantico con navi mosse esclusivamente dal vapore, sarebbe una pazzia, pari a quella di *pretendere di recarsi nella luna.*

Per buona sorte il genio industriale degli Inglesi non si lascia sgomentare dalle apparenze; gl'industriali non discutono, fanno. Mentre i scienziati dissertavano, mentre i vecchi marinai criticavano, centinaia d'operai lavoravano assiduamente nei cantieri di Bristol alla costruzione d'una nave colossale che doveva sperdere tutte le sinistre profezie degli avversarii. Sul principio del 1838 il *Great-Western* era ultimato. Esso era della portata di 1340 tonnellate; lungo 72 metri: portava due macchine a vapore della forza complessiva di 450 cavalli. Era la nave più grande di quante erano state costrutte fino allora. Oltre alle due ruote a palette (che avevano in diametro otto metri e mezzo ed erano lunghe tre metri e mezzo), questa nave portava anche quattro alberi a vele destinati a supplire, al bisogno, la forza del vapore. L'interno della nave era addobbato col massimo lusso.

Nel marzo di quell'anno si lesse in tutta l'Inghilterra un avviso così concepito: « *Il* GREAT-WESTERN, *capitano Hosken, partirà da Bristol per Nuova York il 4 del venturo aprile.* »

Quest'annuncio invogliò un'altra compagnia di navigazione a vapore, ad imitare l'esempio di quella che faceva partire il *Great-Western*. Essa destinò a tale scopo il *Sirius*, nave a vapore della portata di 700 tonnellate, provveduta d'una macchina della forza di 320 cavalli.

Il 5 aprile 1838 il *Sirius* partiva dalla rada di Cork in Irlanda, che è la rada delle isole Britanniche, meno lontana dagli Stati Uniti. A bordo della nave eranvi 453 tonnellate di carbone e 53 barili di resina destinata anch'essa ad alimentare il fuoco nei fornelli della caldaia. — Tre giorni dopo, il *Great-Western* salpava da Bristol diretto verso Nuova York con 660 tonnellate di carbone. Sette passeggieri soltanto osarono correre le sorti del viaggio.

Gli abitanti di Nuova York, già prevenuti del prossimo arrivo delle due navi a vapore, si accalcavano tutti i giorni sulle rive del mare e scrutavano con lo sguardo il lontano orizzonte per scoprire la prima comparsa delle navi inglesi. Finalmente, il mattino del 23 aprile apparve in lontananza una colonna di fumo, a poco a poco si vide anche il corpo d'una nave, era il *Sirius;* entrando nella rada di Nuova York fu salutato da salve d'artiglieria, dal suono di tutte le campane; tutti i bastimenti si pavesarono a festa, tutta la popolazione di Nuova York salutava colle sue entusiastiche acclamazioni la comparsa della nave partita diciassette giorni prima da un porto europeo. Appena sbollito questo entusiasmo, arrivava felicemente a Nuova York anche il *Great-Western* che fu salutato da nuove salve di artiglieria e da nuovi applausi.

Di lì a pochi giorni quelle due navi ripartirono per l'Europa. Anche questa seconda prova ebbe esito felice. Il *Sirius* giunse a Falmouth, in Inghilterra, senza alcuna avaria, dopo soli diciotto giorni di viaggio. Il *Great-Western*, partito da Nuova York il 7 maggio, giunse a Bristol, impiegando soltanto quindici giorni, sebbene avesse dovuto lottare per parecchi giorni con venti contrarii e mare burrascoso.

Il problema della navigazione transatlantica fu adunque felicemente risolto da questi due viaggi memorandi; si iniziò tosto un servizio regolare di navigazione a vapore attraverso l'Atlantico, e d'allora in poi i porti più remoti furono fra loro congiunti colla navigazione a vapore con inestimabile beneficio per l'industria, pel commercio, per la civiltà.

La navigazione a vapore ricevette nuovo impulso a partire dal 1845, nel qual anno si incominciò ad adottare, qual mezzo di propulsione, l'elice in sostituzione delle ruote a palette, il cui impiego non va disgiunto, in molti casi, da gravi inconvenienti ai quali accenneremo adesso.

X

Struttura speciale delle navi richiesta dalla navigazione a vapore. — Macchina a vapore pei battelli a ruote. — Conformazione delle ruote a palette; velocità più conveniente. — Obbiezioni contro i batteli a ruote.

L'applicazione della macchina a vapore alla navigazione risolvette vittoriosamente un gran problema, sostituì una forza docile alla forza incostante e capricciosa dei venti.

Dopo d'aver risolto genericamente questo problema, convenne pure studiarlo nei suoi più minuti particolari onde conseguirne il massimo beneficio. Nei primi periodi della navigazione a vapore, le navi destinate ad esser mosse dal vapore erano costrutte alla stessa guisa delle navi a vela. Ma non si tardò a riconoscere che la forma più conveniente per le navi a vela non era per nulla conveniente alle navi a vapore. È facile rendersene conto; quando il vento agisce obbliquamente sulle vele spiegate dal bastimento, una parte della forza del vento tende a sommergere la prora, perciò il bastimento dev'essere conformato in guisa da non rendere possibile questa sommersione. Lo scopo è tanto meglio raggiunto, quanto maggiore è la porzione di nave che rimane costantemente immersa nell'acqua, o, come dicesi dai marini, quanto più *pesca la nave*.

Nelle navi a vapore non solo non vi sarebbe alcun vantaggio aumentando l'immersione, ma questa riescirebbe anzi dannosa poichè aumenterebbe, in pari tempo, senza alcun vantaggio, la resistenza opposta dall'acqua al movimento progressivo della nave. Col sussidio della meccanica, si potè quindi determinare quale sia la struttura più conveniente per le navi a vapore.

Così del pari convenne studiare la forma e le disposizioni più convenienti per la macchina e per le ruote; ormai nulla si fa a capriccio, ogni più minuto particolare è il frutto di lunghi studii, di calcoli laboriosi; i costruttori navali e gli ingegneri meccanici, appoggiandosi sempre alla matematica, possono rendervi conto del perchè la macchina è collocata in un sito piuttosto che in un altro, perchè il diametro più conveniente alle ruote motrici del battello debba essere tale e non maggiore nè minore, ecc.

Fig. 123. Macchina di Watt applicata a battelli a vapore.

Noi non vogliamo addentrarci in questi particolari che troppo ci scosterebbero dal nostro programma; vi accenneremo soltanto le principali disposizioni in uso nei battelli a vapore.

L'unita figura 123 rappresenta una macchina per battelli a vapore di mediocri dimensioni.

Essa ha un solo cilindro che si vede a sinistra; il coperchio superiore di questo cilindro è forato a tenuta di vapore e lascia passare un gambo metallico che termina inferiormente nello stantuffo che scorre su e giù entro a quel cilindro. Come già sapete, il vapore obbliga lo stantuffo ad alzarsi ed abbassarsi alternatamente; perciò si innalza e si abbassa anche il gambo metallico. Alla parte superiore di questo gambo è fissata una traversa rigida orizzontale, a ciascun capo della quale è articolata una biella; l'estremità inferiore di ciascuna biella è articolata all'estremità d'un bilancere che oscilla intorno al suo punto di mezzo. Un secondo bilancere, eguale a quello che si scorge nella figura, trovasi sull'altro lato della macchina e vien messo in movimento dalla biella articolata all'estremità sinistra della traversa orizzontale già menzionata. Per tal motivo il movimento di questi due bilanceri è concorde; entrambi si innalzano e si abbassano contemporaneamente. All'estremità sinistra di entrambi i bilanceri, sono a[illegible]

piccole bielle, ai capi delle quali è articolata una traversa orizzentale. Dal punto di mezzo di questa traversa si stacca un'asta rigida, la cui sommità è attraversata da un robusto perno fissato alle estremità di due manovelle gemelle che si staccano a gomito da un robusto asse od albero orizzontale, che è l'albero motore, alle due estremità di quest'albero, che attraversa i fianchi della nave, son fissate le ruote a palette. Con tale disposizione di cose, l'alternato movimento di ascesa e discesa delle stantuffe obbliga a salire e scendere anche il bilancere, e questi, mercè le bielle, l'asta e le manovelle già descritte, imprime un continuo moto di rotazione all'albero motore, e quindi anche alle ruote a palette (vedi fig. 125) fissate alle sue estremità.

Fig. 124. Ruota a palette d'un battello a vapore.

Quando la macchina deve sviluppare forza rilevante, sarebbe mestieri assegnare enormi dimensioni al cilindro motore; in tal caso si preferisce ricorrere a due cilindri separati, combinando il movimento dei due stantuffi in modo opportuno affinchè l'azione dei medesimi agisca concordemente per far girare l'albero motore. Adottando gli stantuffi oscillanti, simili a quelli descritti a pagina 117 (vedi fig. 86) si ha il vantaggio di poter sopprimere i bilancéri.

La figura 125 rappresenta appunto una macchina di questa specie; come si vede, l'albero motore *bc* attraversa i due fianchi della nave e si protende per breve tratto all'esterno; su questa porzione sporgente è fissata la ruota a palette (che nella nostra figura risulta sezionata). Sebbene la figura non lasci vedere che una sola ruota, quella di destra, pure il lettore avrà già indovinato che anche all'estremità sinistra dell'albero motore è applicata una ruota a palette del tutto identica a quella che si scorge a destra.

Fig. 125. Macchina d'un battello a ruote.

Volendo sopprimere i voluminosi bilanceri, senza tuttavia ricorrere alle macchine a cilindri oscillanti, si costruirono, in questi ultimi tempi, pel servizio della navigazione a vapore, macchine a cilindro obliquo nelle quali il gambo dello stantuffo è obbligato a scorrere (vedi figura 126) fra due guide parallele come nelle macchine ad alta pressione, ed a cilindro verticale, già descritte (vedi pagina 114, 115).

Salvo rarissime eccezioni, le ruote motrici dei battelli a vapore sono due, l'una sul fianco destro l'altra sul fianco sinistro del battello. Sono munite, alla loro circonferenza, di un certo numero di *palette* piane di metallo o di legno (segnate con *d* nella fig. 125), solidamente fissate sopra i *raggi* che vanno a riunirsi nel mezzo della ruota. Il numero delle palette dev'essere tanto maggiore, quanto maggiore è il diametro della ruota; in generale si dispongono le cose in guisa che il numero delle palette costantemente immerse nell'acqua non sia minore di tre, nè maggiore di quattro.

La velocità impressa a queste ruote dev'essere maggiore della velocità normale del battello, poichè muovendosi anch'esse unitamente al battello, agiscono efficacemente solo in virtù della differenza fra queste due velocità. Risulta dal calcolo, ed è confermato dall'esperienza, che il massimo effetto è raggiunto quando la velocità delle palette supera di circa un quarto quella del battello.

Nei primi battelli a vapore le palette applicate alle ruote erano immobili, e quindi tanto immergendosi nell'acqua quanto uscendone incontravano la superficie dell'acqua sotto un angolo obliquo; ne risultava una perdita di forza, poichè lo sforzo della paletta contro l'acqua è utilizzato per intero solo quando la paletta colpisce il liquido perpendicolarmente. Quando ciò non avviene, parte della forza posseduta dalla paletta, va spesa inutilmente a spingere il liquido verso prora, — quando la pa-

tutto il tempo in cui rimangono sott' acqua, e quando escono dall' acqua assumono la posizione orizzontale che è appunto la più conveniente per lo scopo che si vuol raggiungere.

Grazie a questo perfezionamento, le ruote a palette corrisponderebbero pienamente alle esigenze della grande navigazione, se il battello potesse mantenersi sempre verticale; ma fatalmente è ben raro il caso che ciò si verifichi. Il più lieve soffio di vento fa increspare le onde ed obbliga il battello ad inclinarsi ora su un fianco ora sull' altro. In tal caso una delle due ruote trovasi necessariamente immersa nell' acqua più del bisogno, mentre l' altra ruota trovasi fuor d' acqua più di quanto sarebbe necessario. Queste condizioni peggiorano quanto più sensibile è l' inclinazione del battello. Quando il mare è in burrasca, una ruota si trova immersa per intero, mentre l' altra rimane completamente fuor d'acqua; mentre quella lavora più dell' ordinario, questa gira senza incontrar resistenza, con grave scapito per la macchina. Siccome la resistenza si esercita allora sopra una ruota sola, così è mestieri diminuire l'intensità della forza motrice, limitando l' ingresso del vapore nei cilindri; la forza della macchina riesce quindi minore quando invece essa dovrebbe raggiungere il suo massimo effetto. — Quand'anche il mare fosse mediocremente tranquillo, e spirasse vento propizio, non si potrebbe trar partito, senonchè in minima parte, dell'ausiliario delle vele, poichè l' azione sovr' esse esercitata dal vento farebbe inclinare il battello, e le due ruote si troverebbero nella sfavorevole condizione poc' anzi accennata. Per impiegare utilmente l' azione del vento converrebbe, in tal caso, rinunciare temporariamente all' azione della macchina. Aggiungi poi che, durante i lunghi viaggi, la linea d' immersione della nave deve necessariamente variare, poichè il carbon fossile che si ha a bordo, quando la nave sta per partire, va grado grado consumandosi, durante il viaggio, per l' alimentazione dei fornelli; scemando così il carico della nave, diminuisce la sua immersione, e per conseguenza anche le ruote non si trovano più immerse quanto sarebbe mestieri per produrre il massimo effetto utile. — Il tamburo che circonda le ruote presenta ampia superficie alla resistenza dell' aria, la quale affievolisce, più di quanto generalmente si crede, la velocità del battello. — Nelle navi da guerra, mosse dal vapore, le ruote si trovano esposte direttamente alle palle nemiche; gravissimo inconveniente codesto, poichè in tal modo un battello potrebbe, dopo pochi colpi, rimanere condannato all' immobilità e diverrebbe quindi facile preda dell' avversario.

Tutti questi inconvenienti determinarono i meccanici a rintracciare un sistema di propulsione dotato dei vantaggi e privo degli inconvenienti derivanti dall' impiego delle ruote a palette. Questo problema fu felicemente risolto mercè la sostituzione dell' elice alle ruote a palette.

XI.

L'INVENZIONE DELL'ELICE.

Azione dell'elice; l' acqua fa le veci di madrevite. — L' elice proposta da Bernouilli nel 1752, riproposta da Paucton nel 1768, non trova fautori per mancanza di un potente motore. — Gara di inventori. — Lo svedese Ericsson, il boemo Ressel, il francese Sauvage, e l'inglese Smith. — Esperienza eseguita da Ressel a Trieste nel 1829. — Dolorosa esistenza di Sauvage. — L'*Archimede* costrutto da Smith nel 1838; suo viaggio da Portsmouth ad Oporto. — Adozione definitiva dell' elice.

L'*elice* applicata alle navi può ricevere forme diverse; in ogni caso però essa agisce nell' acqua in modo analogo alla vite che, girando intorno a sè stessa, penetra a poco a poco nel legno od in altra sostanza facilmente intaccabile, la quale compie l' ufficio di *madrevite*. L' elice applicata alle navi si muove nell' acqua, quindi in tal caso l' acqua fa le veci di madrevite. Quando l' elice gira molto rapidamente entro all' acqua, l' acqua circostante, messa in movimento dall' elice, si muove con pari velocità, e per la reazione che essa esercita sulle faccie inclinate dell'elice, quell' acqua imprime al battello un movimento progressivo, che risulta tanto più rapido, quanto più veloce è il movimento rotatorio dell' elice.

L' idea d' applicar l' elice alla navigazione non appartiene al nostro secolo: abbiamo già accennato, nel principio di questo scritto, che nel 1752

Daniele Bernouilli, in una memoria premiata dall'Accademia delle Scienze di Parigi, propose di far muovere le navi grazie ad un'elice poco diversa da quella impiegata presentemente. L'elice proposta da Bernouilli doveva essere messa in movimento da uomini o da animali. — Ad onta del premio concesso dall'Accademia delle Scienze, la proposta del distinto matematico passò inosservata e non trovò alcuna accoglienza nella pratica.

Alcuni anni dopo, nel 1768, un ingegnere francese, Paucton, ripropose l'impiego dell'elice nella navigazione, nell'opera intitolata: *Teoria della vite d'Archimede*. Paucton determinò la forma e la posizione, nonchè le velocità che egli riteneva conveniente di assegnare all'elice. Le sue idee trovarono qualche seguace: si costrussero battelli muniti d'elice, ma le piccola velocità che potevasi dare a quest'apparecchio, servendosi della sola forza muscolare dell'uomo, fece ben presto abbandonare questo genere di esperienze.

Quando sul principio del nostro secolo la macchina a vapore potè essere utilmente impiegata nella navigazione, secondo il sistema di Fulton, si pensò pure ad impiegarla per muover l'elice in luogo delle ruote a palette. Numerosi furono gl'inventori che si accinsero allo studio di questo problema; più nazioni si disputano il vanto d'essere state la culla dell'inventore. La Svezia cita Ericsson (1), la Germania onora Ressel, la Francia Sauvage, e l'Inghilterra rivendica il merito dell'invenzione a favore di Smith. Esaminando l'argomento spassionatamente, nessuno di questi ebbe gran merito; ed l'inglese Smith ne spetta ancor meno che agli altri. È possibile che Ericsson, Ressel e Sauvage abbiano ignorati i lavori dei loro predecessori; può darsi che avrebbero concepita la stessa idea anche se Bernouilli e Paucton non avessero mai esistito; ma ad ogni modo il merito d'un invenzione spetta sempre a chi la fece conoscere per primo. Dopo le proposte formulate da Bernouilli e Paucton nella seconda metà dello scorso secolo, restava a tradurle realmente nella pratica, il che può richiedere energia e capitali, ma non già il genio dell'inventore.

Il merito d'un inventore consiste nel saper utilizzare per la prima volta qualche forza naturale, o nel ricavare qualche nuova applicazione da forze già altrimenti utilizzate. L'elice era già da gran tempo conosciuta; il pensiero di farla muovere nell'acqua per la propulsione delle navi, giovandosi dell'acqua come d'una madrevite, è dovuto a Bernouilli; perciò tutti coloro che gli succedettero, nello studio di questo argomento, potranno bensì essere ricordati per le lotte che ebbero a sostenere per vincere l'indifferenza o le ripugnanza del pubblico, ma non già per nuovi concetti, tali da permettere qualche notevole progresso nelle scienze o nelle arti.

Giuseppe Ressel nacque a Churdim, in Boemia, nel 1793. Studiò scienze naturali all'università di Vienna; mentre si trovavasi colà, nel 1812, concepì per la *prima* volta il pensiero di impiegare l'elice, mossa da macchina a vapore, alla propulsione delle navi. Compiuto un corso di studii, Ressel passò nella Carniola inferiore quale agente forestale; egli vagheggiava sempre il progetto di applicar l'elica alla navigazione, e perciò continuò a studiare minutamente codesto argomento in ogni suo particolare. Nel 1827, ritenendo di poter affrontare la pubblicità, chiese ed ottenne dal governo austriaco un brevetto che è anteriore di cinque anni al brevetto del suo competitore francese Sauvage, e di dieci anni al brevetto dell'inglese Smith. — Ressel trovò a Trieste alcuni negozianti disposti a sostenere le spese per le necessarie esperienze. Per tal modo Ressel potè costruire un battello ch'ei chiamò la *Civetta*, a bordo della quale ei collocò un'elice che veniva messa in movimento da una macchina a vapore della forza di sei cavalli. — Nell'estate del 1829 la *Civetta*, avendo a bordo quaranta passaggeri, fece una corsa di prova nella rada di Trieste. — In capo a cinque minuti un tubo della macchina a vapore si spezzò ed il battello rimase immobile; l'inconveniente era lieve, non aveva avute funeste conseguenze e poteva essere *facilmente riparato*; tuttavia la polizia non permise a Ressel di ricominciare le sue esperienze, che ebbero così principio e fine nello stesso giorno. *Ressel* morì a Lubiana il 9 ottobre 1857. Lui morto, *gli austriaci* vollero onorarne la memoria, innalzandogli un monumento su una piazza di Vienna (18 gennaio 1863).

Federico Sauvage, nato a Boulogne sur Mer nel 1785, abbracciò in gioventù la carriera del costruttore navale, ma non trovando sufficiente guadagno coll'esercizio di questa professione, cangiò carriera; nel 1821 si pose alla testa d'un molino per la segatura e politura del marmo; dotato di acuto ingegno meccanico, studiò parecchie [illegible] meccaniche e fra queste anche l'applicazione dell'elice alla propulsione delle navi. Sauvage [illegible] pose in evidenza un fatto importantissimo, [illegible] ebbe che l'elice produce nell'acqua il massimo [illegible] effetto quando la lunghezza dell'elice è limitata ad un giro, o come dicesi più tecnicamente

(1) Vedi la nota a pag. 141.

ad un *passo* soltanto. Nel 1832 ei prese un brevetto, ma non fu in grado di eseguire alcuna esperienza per mancanza di capitali.

Nel 1847 ei trovavasi rinchiuso all'Havre, nella prigione dei debitori, mentre sotto ai suoi occhi la prima nave ad elice costrutta dal suo rivale Smith per conto del governo francese, eseguiva felicemente in quel porto una corsa di prova; non è a dirsi il dolore provato dall'infelice Sauvage. Il giornalismo si commosse in suo favore e perorò la sua causa; il re Luigi Filippo lo trasse dalla prigione e gli assegnò una pensione. Nel 1854 il povero Sauvage impazzì: l'imperatore Napoleone III lo fece ricoverare in un ospizio di Parigi; lo sfortunato inventore spirò colà il 17 luglio 1857.

Fig. 127. Battello a vapore transatlantico.

Più fortunato dei suoi predecessori, l'inglese Smith, ottenuto un brevetto nel 1835, trovò capitalisti favorevolmente disposti e potè fondare una *Compagnia di navigazione a vapore.* Smith costrusse nel 1838, per conto di questa Compagnia, una grossa nave, l'*Archimede*, della portata di 240 tonnellate, munita d'elice. L'*Archimede* servì ad istituire numerose ed importanti esperienze, alle quali presero parte commissarii dell'ammiragliato inglese; questi si pronunciarono assai favorevolmente; l'*Archimede* percorse 10 nodi (circa 18 chilometri) all'ora e mostrò di poter gareggiare coi battelli a ruote. Nel giugno 1840 l'*Archimede* fece il viaggio da Portsmouth ad Oporto, 800 miglia inglesi (1287 chilometri) in sole settanta ore: fece poi il giro delle coste di Inghilterra soffermandosi nei porti principali e raccogliendo ovunque calorosi applausi ed affettuose testimonianze da tecnici e da marini. Dopo d'allora nessuno osò più dubitare dell'utilità dell'elice; l'impiego di questo nuovo mezzo di propulsione andò ben presto generalizzandosi presso tutte le nazioni marittime.

XII.

Posizione occupata dall'elice, sua velocità. — Il pozzo dell'elice e la scatola stoppata; apparecchio per sollevar l'elice. — Vantaggi derivanti dall'impiego dell'elice nella marina mercantile e nella marina militare. — La macchina della corazzata inglese la *Valente*.

L'elice è sempre collocata al disotto della linea d'immersione della nave affinchè essa, l'elice, possa mantenersi costantemente e completamente immersa nell'acqua. La si colloca a poppa nella posizione indicata dalla fig. 130, nella quale l'elice è

Fig. 128. Giuseppe Ressel.

segnata con la lettera A, il timone con la lettera B. L'elice gira intorno a due perni laterali disposti orizzontalmente, il perno destro è congiunto in sistema con l'albero motore d'una macchina a vapore, il cui movimento imprime quindi all'elice il necessario movimento di rotazione; la macchina è congegnata in guisa da far compiere all'elice da 120 a 240 giri al minuto. Le *ali* dell'elice possono essere due o più: generalmente nei piccoli battelli a vapore si impiegano *elici a due ali* soltanto (fig. 130), *in quelli di grande portata si impiegano elici di maggior numero di ali*; quella rappresentata *dalla figura 131* ne ha quattro.

L'elice dev'essere facilmente esaminata e riparata ogni qualvolta si riscontra in essa qualche guasto; per raggiungere questo scopo senza dover mettere a secco la nave, questa è espressamente costrutta verso poppa nel modo indicato dalla fig. 131. Lo spazio sovrastante all'elice forma un largo tubo o pozzo verticale DBBD; l'elice AA è circondata da un telaio di ferro BB, grazie al

Fig. 129. Federico Sauvage.

quale può essere abbassata facilmente mercè una catena o gomena che passa sulle due puleggie DD. G è l'albero motore orizzontale, messo in movimento dalla macchina a vapore; F è una specie di scatola stoppata che circonda quest'albero e pur permettendogli di girare a dolce sfregamento, impedisce all'acqua di penetrare nel bastimento.

Importa tuttavia talvolta di rendere immobile l'elice senza sospendere repentinamente il movimento della macchina a vapore; a tal fine l'albero orizzontale è formato di due parti; l'una, quella segnata con I, riceve il movimento della macchina, l'altra G può essere messa in comunicazione con la precedente o può rimanerne separata, adoperando all'uopo la manovella J.

Numerosi sono i vantaggi che derivano alla navigazione dall'adozione dell'elice.

sione delle ruote diminuì la larghezza delle navi a vapore e rese più agevole il loro ingresso nelle imboccature dei porti, dei bacini, dei canali; scomparvero in pari tempo i voluminosi tamburi, l'ampia superficie dei quali aumenta sensibilmente, anche in tempo di calma, la resistenza opposta

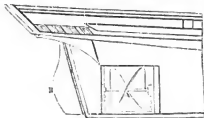



Fig. 130. L'elice motrice.

dall'aria al movimento delle navi a ruote e presenta un'ampia superficie all'azione dei venti.

L'elice essendo costantemente immersa nell'acqua, l'efficacia del propulsore rimane inalterata anco quando l'immersione della nave aumenta o diminuisce, come pure quando pel soffiar dei vento la nave si inclina su un fianco.

Le navi ad elice possono portare la stessa alberatura e velatura, e ricevere la stessa forma delle ordinarie navi a vela; si può quindi giovarsi utilmente delle vele quando il vento è propizio, lasciando inoperosa la macchina ed effettuando quindi notevole economia di combustibile: si ricorre alla macchina quando l'aria è calma ovvero soffiano venti contrarii. Le navi che servonsi così or delle vele ora dell'elice, diconsi navi *miste*. — Non essendo necessaria una costruzione di nave diversa dall'ordinaria, riesce agevole applicar l'elice anche a navi a vela già costrutte.

Le macchine a vapore destinate al movimento dell'elice sono meno voluminose di quelle impiegate nei battelli a ruote, e permettono quindi di riserbare maggior spazio ai passeggeri ed alle merci che si vogliono trasportare.

Oltre a questi vantaggi, l'elice ne presenta altri due che sono di capitale importanza per le marine da guerra; l'elice, trovandosi sott'acqua, è al riparo dalle palle nemiche e non soffre punto per la caduta d'un albero o d'un pennone che pur basterebbe a sfondare il tamburo e le ruote in una nave a vapore messa in movimento da ruote a palette; per ultimo, mentre nelle navi a ruote è possibile collocare cannoni soltanto per breve tratto sui fianchi della nave, quando c'è l'elice, entrambi i fianchi della nave possono essere armati completamente come nelle navi a vela.

Fig. 131. Il pozzo dell'elice (sezione e prospetto).

Dunque dovremo concludere che le navi ad elice sono per ogni rispetto superiori alle navi a ruote? No, neppur l'elice può dirsi al coperto da qualsiasi censura; a pari circostanze, e purchè il mare non sia in burrasca, le navi ad elice si muovono meno rapidamente delle navi a ruote. Questa minor velocità dipende dalla circostanza che il moto dell'elice sposta l'acqua in due sensi, tanto da poppa verso prora, quanto lateralmente; il movimento dell'acqua da poppa verso prora serve a far avanzare la nave, mentre il movimento laterale, impresso alle onde, non giova punto, è un lavoro che non ha alcun vantaggio; in altri termini è una perdita di forza e quindi di velocità, alla quale non si va incontro quando si impiegano le ruote.

Quando il mare è tranquillo, questa perdita di velocità rappresenta circa il dodici per cento, il che vuol dire che una nave ad elice percorrerebbe, ad esempio, 88 chilometri, nel mentre una nave a ruote di egual forza ne percorrerebbe cento.

Questa perdita di velocità non cangia al variare delle condizioni in cui può trovarsi la nave, mentre invece la velocità delle navi a ruote scema notevolmente quando la nave è sbattuta dal vento ed una delle due ruote trovasi tutta immersa nell'acqua, mentre l'altra rimane quasi completamente a secco. In tal caso la nave ad elice può gareggiare in velocità con la nave a ruote.

Il movimento dell'elice, come abbiam detto, dev'essere rapidissimo; in alcuni casi l'elice compie persino 240 rivoluzioni al minuto, il che vuol dire che lo stantuffo motore deve compiere allora 480 oscillazioni! Per raggiungere simile risultato è mestieri adottare macchine a vapore di speciale struttura; noi non possiamo darne qui la descrizione, ci limiteremo a presentarvi il disegno (fig. 134) della macchina motrice, della forza di 800 cavalli, recentemente applicata ad una fregata corazzata ad elice della marina da guerra inglese, la *Valente*. Nei due grandi cilindri orizzontali, l'uno dei quali è visibile sulla sinistra della figura, lo stantuffo compie una corsa di 1,m 20.

XIII.

Caldaie dei battelli a vapore. — Necessità di alimentare le caldaie con l'acqua di mare. — Pericoli derivanti dalle incrostazioni saline. — L'espulsione dell'acqua salsa concentrata. — La pompa del meccanico Maudslay.

Le caldaie dei battelli a vapore sì ad elice come a ruote sono costruite in guisa da produrre rapidamente moltissimo vapore, occupando tuttavia uno spazio relativamente molto ristretto. La figura 132 rappresenta una di queste caldaie veduta in sezione, la figura 133 rappresenta una metà della stessa caldaia veduta in prospetto; l'altra metà è precisamente eguale e simmetrica e perciò non fu rappresentata. Nei grandi battelli a vapore una caldaia sola non basterebbe a produrre tutto il vapore necessario, perciò se ne impiegano due o più, collocate l'una presso all'altra, tutte eguali fra loro.

Caldaia di battello a vapore.
Fig. 132. Sezione. Fig. 133. Prospetto.

Nella sezione (fig. 132) si scorge in *p* uno dei fornelli (la caldaia che descriviamo ne ha sei) entro al quale sono collocate le graticole inclinate G G, sulle quali si getta e si accende il combustibile, i residui solidi della combustione cadono nel *ceneratoio* sottoposto, *c*, mentre la fiamma, i gas ed il fumo ascendono nella camera D; da questa parte una serie di tubi orizzontali attraversano da parte a parte la caldaia e mettono capo nella camera del fumo F; tutto lo spazio interposto fra questi tubi orizzontali è ripieno di acqua, per tal modo la fiamma, obbligata a lambire l'interno di tutti quei tubi, riscalda contemporaneamente tutta l'acqua che circonda i medesimi, il che favorisce la rapida produzione del vapore. Tanto per impedire il contatto fra le pareti della nave e le pareti roventi della caldaia, quanto ancora per utilizzare nel miglior modo il calore che si produce nei fornelli, questi sono completamente circondati da uno strato di acqua, e e, contenuta fra due pareti metalliche; quest'acqua racchiusa fra le pareti e e è in comunicazione con quella contenuta nella caldaia: anche questa acqua concorre quindi alla produzione del necessario vapore. Il vapore sviluppatosi in seno al liquido bollente va ad occupare la parte superiore A della caldaia dalla quale si stacca un tubo che si scorge in [illegible]ione in V; questo tubo conduce il vapore nei [illegible]dri motori. Come ogni altra cal-

daia, così anche questa che descriviamo è munita del tubo di vetro N, che indica a colpo d'occhio la posizione del livello dell'acqua nell'interno della caldaia e dei tre robinetti n, n', n'' (figura 133), che servono allo stesso scopo; la caldaia è, come si vede (fig. 133), sormontata dalla valvola di si-

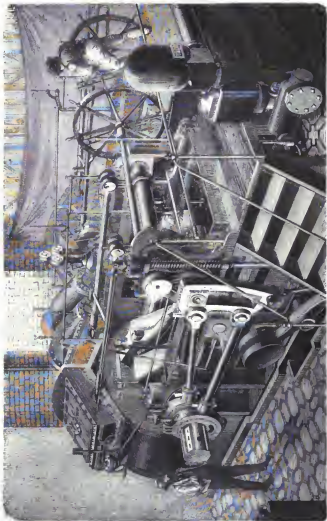



Fig. 134. Macchina a vapore d'una nave ad elice della forza di 800 cavalli.

curezza. Il fumo, svoltosi dalla fiamma, giunge (fig. 132) nella capacità D, percorre, unitamente alla fiamma, i tubi orizzontali già menzionati, si raccoglie nella camera F ed ascende quindi nel tubo conico C, nella direzione delle frecce; questo tubo C è poi sormontato da quell'amplo fumaiuolo (invisibile nella nostra figura) che è una delle parti più caratteristiche e più generalmente cono-

sciute nei battelli a vapore. Come ben si comprende, le portine F (figura 133) chiudono la camera del fumo; aprendo queste portine riesce assai facile la pulitura di questa camera e dei molti tubi orizzontali percorsi dalla fiamma; le portine p e c (fig. 133), servono l'una ad introdurre

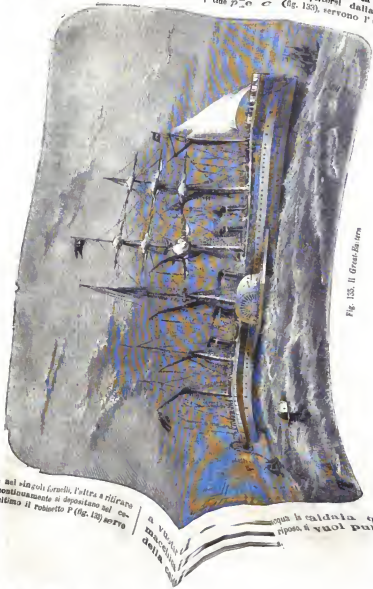



Fig. 135. Il Great-Eastern

il combustibile nei singoli fornelli, l'altra a ritirare le ceneri che continuamente si depositano nel cenerario. Per ultimo il robinetto P (fig. 133) serve a vuotar [illegible] acqua la caldaia quando, essendo la macchina [illegible] riposo, si vuol pulire le parti interne della cald[illegible]a.

Parlando dell'alimentazione delle caldaie abbiam già avuto occasione di accennare (pag. 102) gli inconvenienti ed i pericoli ai quali si va incontro impiegando per la produzione del vapore acque contenenti gran copia di sali; tuttavia nella navigazione marittima riescirebbe quasi impossibile, o per lo meno dispendiosissimo, l'impiegare acqua diversa dall'acqua marina, la quale contiene in soluzione gran copia di sali: questi sali depositandosi sulle pareti delle caldaie, formerebbero a poco a poco grosse incrostazioni dannosissime per due cagioni: pel pericolo di esplosione cui andrebbero incontro e pel maggior dispendio di combustibile causato dall'interposizione di quella crosta salina (pessima conduttrice del calore) fra la fiamma e l'acqua che si vuol riscaldare. Aggiungi poi che i mezzi già suggeriti per prevenire la formazione dei depositi terrosi sarebbero in tal caso insufficienti. Le sostanze appositamente introdotte nelle caldaie alimentate da acqua dolce possono impedire i lievi depositi che essa produrrebbe, ma a nulla gioverebbero trattandosi d'acqua di mare, contenente ingente quantità di sali, circa 32 grammi di sale per ciascun litro d'acqua. Non potendo adunque impedire il precipitarsi di queste sostanze, è necessario sbarazzarsi dell'acqua contenuta nelle caldaie, quando la concentrazione di quest'acqua è tale da rendere assai prossimo il depositarsi dei sali. A tale scopo ogni caldaia è provveduta di una pompa speciale destinata ad estrarre ad intervalli l'acqua contenuta nella caldaia. Questa pompa funziona ad intervalli di circa un'ora; essa estrae l'acqua dalla parte più bassa della caldaia, poichè nella parte più bassa della caldaia si trova l'acqua più pesante e quindi maggiormente carica di sali.

Un meccanico inglese, *Maudslay*, ideò a tale ufficio una pompa ingegnosamente proporzionata per modo che essa estrae dalla caldaia un volume d'acqua contenente la precisa quantità di sali esistenti nella quantità d'acqua contemporaneamente introdotta nella caldaia mercè la pompa alimentare.

Per utilizzare almeno in parte il calore sottratto dall'acqua satura di sali, che si estrae ad intervalli dalle caldaie, si fa entrare quest'acqua in un tubo metallico che mette capo in un fianco della nave: questo tubo metallico è circondato da un secondo tubo, di maggior diametro; l'acqua destinata all'alimentazione delle caldaie entra nello spazio anulare esistente fra questi due tubi e si riscalda a spese dell'acqua che percorre il tubo interno prima di scaricarsi nel mare; perciò l'acqua di alimentazione è già parzialmente riscaldata ancor prima di giungere nelle caldaie, il che evidentemente produce economia di combustibile.

XIV.

Il *Great-Eastern*, sue dimensioni principali. — La sala da pranzo per 500 passeggeri. — Viaggio senza mal di mare. Conseguenze della perdita del timone. — Utilità delle navi di grandi dimensioni. — Le navi dell'avvenire.

Chiuderemo questi cenni intorno alla navigazione a vapore presentandovi il disegno ed una sommaria descrizione del *Great-Eastern*, la nave più colossale che sia stata costrutta fino ad ora.

Il *Great-Eastern*, conosciuto anche col nome di *Leviathan*, fu costrutto in ferro nei cantieri di Scott Russel e Comp. a Milwall sul Tamigi in base ai piani dell'ingegnere Brunel.

Le principali dimensioni di questa nave colossale sono registrate nel seguente quadro:

Lunghezza massima	M. 210.92
Larghezza massima alla costa maestra . .	» 25.29
Larghezza massima al di fuori dei tamburi delle ruote	» 36.72
Immersione media col carico di 6000 tonnellate di carbone	» 7.63
Portata in tonnellate	» 22500
Forza nominale, in cavalli, della macchina ad elice	» 1600
Forza nominale, in cavalli, della macchina a ruote	» 1000
Diametro delle ruote a palette	» 17.00

La macchina destinata al movimento dell'enorme elice, è provveduta di sei caldaie, settantadue fornelli e tre fumaiuoli; la macchina che mette in movimento le gigantesche ruote collocate sui fianchi della nave è alimentata da quattro caldaie riscaldate da quarantadue fornelli che sfogano i prodotti della combustione in due fumaiuoli. In media questi fornelli consumano complessivamente trecento tonnellate di carbon fossile al giorno, il che corrisponde all'ingente consumo di novemila tonnellate al mese. Il servizio di queste macchine richiede un personale di duecento individui; ba-

stano altri duecento uomini a completare l'equipaggio, poichè la massima parte delle manovre è affidata a piccole macchine a vapore ausiliarie senza le quali sarabbe troppo dispendioso ed incomodo salpare le 10 ancore pesanti 50 tonnellate o sollevare le robusto catene di ferro che raggiungono l'enorme peso di 98 tonnellate.

Il *Great-Eastern* porta sette alberi sui quali possono essere spiegate al vento numerose vele della superficie complessiva di 5,940 metri quadrati. — Tremila passaggeri possono trovare comodo ricovero su questa nave che offre nei compartimenti di prima classe tutti i raffinamenti del gusto e del lusso. Nella sala principale, lunga quarantadue metri, larga più di sette, possono desinare contemporaneamente 500 persone. Salvo il caso di straordinaria burrasca, il passaggero non soffre il mal di mare, non sente il rumore e non è disgustato dal nausante odore delle macchine, percorre circa ventidue chilometri all'ora procurandosi la soddisfazione egoistica, ma naturalissima nei viaggiatori, di lasciar indietro tutti gli altri battelli, per quanto veloci, e di vederli tutti, qual più qual meno, sbattuti dalle onde, mentre il formidabile colosso non oscilla neanche.

Conviene però aggiungere che questa mole tanto considerevole può trovarsi seriamente compromessa anche da leggere avarie. Durante uno dei pochi viaggi transatlantici fatti dal *Great-Eastern*, il mare straordinariamente agitato ruppe il timone; malgrado gli sforzi di tutto l'equipaggio, quella nave formidabile divenne il giuoco delle onde che le sospinsero a loro talento imprimendole oscillazioni facilmente immaginabili, che la facevano inclinare ora su un fianco ora su l'altro; le onde furiose staccarono ambe le ruote dai fianchi della nave; delle venti imbarcazioni sospese al difuori dei parapetti, cinque furono travolte dalle onde. D'altra parte convien pur aggiungere che il *Great-Eastern*, rimasto per quindici ore in balia delle onde come una massa inerte, non fece acqua, non una giuntura si aperse, neppure una vite, neppure un chiodo si ruppero, i tamburi delle ruote non soffersero, i fumaiuoli non si scossero e le sue due macchine uscirono illese da questa dura prova.

Molti chiedono per qual motivo si è creduto utile di costruire questa nave gigantesca, quali vantaggi si possono ottenere aumentando così smisuratamente le dimensioni delle navi a vapore? (1) La risposta è data dalla matematica (2): Aumentando le dimensioni della nave si possono aumentare le dimensioni della macchina ed all'aumentare di questa, la forza motrice aumenta nella ragione d'un *cubo*. Il lavoro resistente aumenta anch'esso all'aumentare delle dimensioni della nave, ma non nella stessa ragione; aumenta meno rapidamente, aumenta cioè in proporzione dell'aumento di superficie della costa maestra (3) e quindi in ragione d'un *quadrato*. La forza motrice aumenta quindi assai più rapidamente della forza resistente; così una nave di dimensioni doppie di un'altra potrà contenere una macchina otto volte più robusta, mentre la resistenza sarà soltanto quadruplicata, allo stesso modo che costruendo un cubo o dado avente il lato doppio d'un altro cubo, la superficie di ciascuna delle facce sarà quadruplicata, mentre il volume sarà diventato otto volte maggiore.

Ritornando al *Great-Eastern* concluderemo che esso ha forse il torto d'essere venuto anzi tempo, esso rappresenta le navi a vapore dell'avvenire. Il *Great-Eastern* sarebbe anche in oggi una nave possibile e produrrebbe largli beneficî agli azionisti, che vi dedicarono ingenti capitali senza ricavarne alcun frutto, se in un primo tentativo di questo genere si potesse procedere con sicurezza e non a tentoni, se le spese non avessero superati di gran lunga i possibili profitti e per ultimo se la immensa sua mole non gli vietasse di entrare, almeno per ora, nel maggior numero dei porti dei due mondi.

(1) Vedi Parville, *Decouvertes et inventions modernes*, Paris, 1866, pag. 173.

(2) La resistenza che incontra una nave che si muove in acqua tranquilla è data dalla formula:

$$R = \frac{1000KSV^2}{2g}$$

ove K è un coefficiente dato dall'esperienza; S la superficie della costa maestra, V la velocità da cui è animata la nave; g è il doppio dello spazio percorso nel primo minuto secondo da un grave che cade verticalmente.

La quantità di lavoro utile al minuto secondo è espressa in chilogrammetri da:

$$T = \frac{1000KSV^3}{g^2}$$

Dalla quale si riconosce agevolmente che il lavoro utile varia come i cubi della velocità: perciò se una macchina della forza di 100 cavalli è atta ad imprimere ad una nave la velocità di 5 chilometri all'ora, sarà mestieri impiegare una macchina della forza di 800 cavalli per imprimere alla stessa nave la velocità di 10 chilometri all'ora. Infatti la forza delle [illegible] dovrebbe essere in rapporto dei cubi delle velocità e quindi nel rapporto di 1000 a 125 [illegible] 100 cavalli, l'altra dovrebbe [illegible] forza otto volte maggiore e quindi dovrebbe essere [illegible] di 800 cavalli.

(3) [illegible] della forza [illegible] quelle rimioni di legname o ferro [illegible] coste d'una nave [illegible] dell'uomo disposte [illegible] a somiglianza delle costole [illegible] colarmente [illegible] dalla nave e perpendicolare [illegible] nave [illegible] della larghezza della nave [illegible] maestra [illegible] che costituiscono lo scheletro della [illegible] più ampia di tutte le altre [illegible] trovasi a poca distanza dal punto di mezzo [illegible] po' verso prora.

LE STRADE FERRATE.

I.

Un lieto annuncio pubblicato nell'ottobre 1841 negli *Annali di Statistica*. — Chi mai ricorda il 1841! — I viaggiatori *di buon genere* e le assurde pretese. — Parole indirizzate ai meno. — Un vero trionfo dell'ingegno umano. — Misteri accessibili a tutti. — *Dietro le quinte* d'una ferrovia.

« *E così non sarà più necessario il lungo spazio di due mesi per far giungere un involto, un pacco, un collo, da Milano a Firenze.* »

Leggendo queste parole il pensiero è portato a correre indietro chi sa quanti anni, chi sa quanti secoli, un sorriso di compassione spunta sulle labbra; — poveri nostri antenati! Qual meschina condizione era la vostra, per lo meno rispetto ai mezzi di comunicazione! In qual epoca remotissima si impiegavano due mesi per un viaggio che si

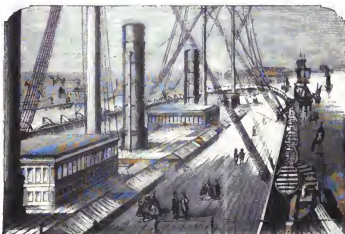



Fig. 136. A poppa del *Great-Eastern*.

compie adesso in dieci ore soltanto? — L'epoca a cui si riferiscono le parole da noi trascritte più sopra è meno remota di quanto si crederebbe, si tratta del nostro secolo, si tratta dell'autunno dell'anno 1841. Quelle parole sono tratte testualmente dal fascicolo dell'ottobre 1841 degli *Annali di statistica* di Milano. Con quelle si dava la lieta novella della fondazione d'una impresa di *velociferi* destinata a compiere regolarmente tre volte per settimana il viaggio da Bologna a Firenze. — Chi mai ricorda il 1841! ormai si viaggia in ferrovia come se questa esistesse da secoli. Si può tutt' al più permettere a qualche scolaretto, a qualche donnicciuola di mostrar meraviglia, di stupirsi della prodigiosa rapidità, dell'ammirabile puntualità, della mitezza di prezzo, e dei mille altri vantaggi dei viaggi in ferrovia; oggi è *buon genere* non stupirsi di nulla, lagnarsi di tutto; il viaggiatore nove volte su dieci si crede in dovere di declamare contro le lungaggini del viaggio, l' enormità delle tariffe, la mancanza di cortesia nel personale addetto ai convogli, l'imperfezione degli orari, le fermate troppo o troppo poco frequenti. Noi non tenteremo neppure di combattere le false idee di quel nove decimi, rivolgeremo il nostro discorso a quei pochi che quando approfittano della

ferrovia rammentano le incomodità, i pericoli, i mille malanni dei viaggi d'una volta, e sono disposti a riconoscere la superiorità di questo mezzo di trasporto su tutti gli altri fino ad ora conosciuti; rivolgeremo le nostre parole a coloro che ammettono che il far partire all'ora prestabilita un pesante convoglio carico di passaggieri e di merci, il farlo viaggiare con determinata velocità, il farlo puntualmente arrivare nell'istante prestabilito, è un vero trionfo dell'ingegno umano, un trionfo dovuto a studi profondi e perseveranti, degni d'essere conosciuti da quanti godono direttamente od indirettamente dei vantaggi delle ferrovie.

Un viaggiatore, per quanto sia diligente nello osservare non potrebbe da solo rendersi conto della mirabile e complicata organizzazione di una ferrovia: ei può vedere soltanto una minima parte di quel complesso; mille e mille interessanti particolari sono invisibili ai suoi occhi; ei vede, per così dire, ciò che succede sul palco scenico. Tutto ciò che avviene *dietro le quinte* è, per lui, avvolto nel più profondo mistero, mistero innocente nel quale procureremo d'iniziare il lettore descrivendo sommariamente la storia delle ferrovie, e il modo con cui si costruiscono o si mantengono in esercizio. Noi entreremo fra le quinte d'una ferrovia ed impareremo a conoscere parecchi interessanti particolari, ricordando in pari tempo i nomi di coloro che maggiormente contribuirono a diffondere e sviluppare l'industria ferroviaria.

II.

Comunanza di origine delle ferrovie e delle macchine a vapore. — Importanza delle buone strade apprezzata da Semiramide e da Ciro, dai *Fenici* e dai *Cartaginesi*. — Le strade romane; la *via Appia*; la *strada Trajana*. — Il medio evo. — Le strade nell'evo moderno. — Inconvenienti delle strade ordinarie. — I trasporti di carbon fossile e le strade a rotaie di legno. — Rivestimento con lamiera di ferro

Fig. 137. La via Appia.

La creazione delle ferrovie è in gran parte dovuta alla stessa causa che provocò l'invenzione della macchina a vapore; la macchina a vapore fu ideata, perfezionata e diffusa grazie al bisogno generalmente sentito nei territorii carboniferi di Inghilterra, di applicare un potente motore pel sollevamento delle acque dal fondo delle miniere di carbon fos[illegible]ile onde agevolare l'estrazione di questo mi[illegible]le; analoga causa fece sorgere le prime ferr[illegible].

Le prime [illegible]rrovie furono costrutte per agevolare i tra[illegible]ti dei carboni fossili dalle miniere ai luoghi di [illegible]pprodo delle navi destinate a trasportare quei [illegible]arboni nei siti di consumo. L'indu-

strioso popolo inglese riconobbe che per trarre il massimo profitto delle enormi quantità di carbon fossile racchiuse nel suolo britannico, era mestieri rendere quanto più tenue possibile le spese di estrezione e la spesa del trasporto. La macchina Newcomen provvedeva alla soluzione della prime parte del probleme; per la seconda parte, per rendere cioè economici i trasporti, conveniva migliorare le strade che dovevano essere percorse dai carri.

L'economia nelle spese di trasporto, derivente dall'impiego di strade piane e ben mantenute, fu riconosciuta fin dalla più remota antichità. Le prime strade menzionate dalla storia furono costrutte per volere di Semiramide, regina degli Assiri, e da Ciro re di Persia. Erodoto descrive la lunghissima strada militare che congiungeva le due più importanti città della Persia, Susa e Serdi. — I Fenici ed i Cartaginesi, popoli eminentemente commercianti, costrussero molte strade per favorire i loro commerci. — I Romani, divenuti padroni di quasi tutto il vecchio mondo, riconoscendo la somma importanza delle strade per mantenere soggette le vinte popolazioni, costrussero una rete di strade militari che partendo da Roma giungevono alle provincie più remote del vastissimo impero, raggiungendo una lunghezza complessiva di ben 53,000 miglia romane (1).

Le strade romane meritano d'esser ricordate tanto per l'enorme loro estensione quanto per la somma cure con cui furono costrutte; ancor oggi, dopo tanti secoli, si possono ammirare in alcuni paesi dei tratti di strade romane perfettamente conservate.

L'unita figura 137 rappresenta un tratto della celebre *Via Appia*, che sebbene costrutta da Appio Claudio l'anno di Roma 442 (311 avanti Cristo), pure si mantiene ancora in ottimo steto; essa congiunge Roma con Capua e l'antico porto di *Brundusium*, l'odierna Brindisi.

I Romani avevano ben riconosciuta l'utilità delle strade orizzontali e diritte, e perciò non badando a spese ed a fatiche, costrussero strade che per la massima parte presentavano miti pendenze e risvolte poco pronunciate; gettarono grandi ponti attraverso ai fiumi, costrussero alte dighe per varcare le valli profonde, colmarono paludi, perforarono monti; uno splendido esempio di questi lavori è fornito dalla *Strada Traiana* (fig. 143) scavata nella roccia, ben inteso senza il sussidio delle mine, di fianco al basso Danubio, per volere dell'imperatore Traiano, sul cadere del primo secolo dell'èra volgare.

(1) Il miglio romano corrisponde a 1484 metri.

Ceduto l'Impero romano, l'opera sì bene iniziata da quella grande nazione non fu continuata, anzi le strade già costrutte rimasero trascurate e deperirono gradatamente per la lenta, ma continue azione distruttrice del tempo.

Al risorgere della civiltà si fece nuovamente sentire il bisogno di comode strade, e si trovò necessario migliorar quelle già esistenti. L'esperienze aveva dimostrato che la fatica, e quindi la spesa necessarie a trascinare un carro, riesce tanto minore quanto più unita e liscia è la strada, e che all'incontro le scabrosità, gli avvallamenti, i profondi solchi prodotti dalle ruote, aumentano le difficoltà e quindi le spese dei trasporti. Mentre un cavallo solo basterebbe, ad esempio, a trascinare un dato carico sopra strada piana e ben conservata, ce ne vorrebbero due qualora la strada non fosse priva di scabrosità, ce ne vorrebbero tre o più qualora la conservazione della strada fosse trascurata. Nelle strade strette, frequentemente percorse da pesanti carichi, riesce quasi impossi-

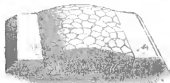



Fig. 138. Veduta prospettica e sezione d'un'antica strada romana.

bile impedire alle ruote di penetrare alquanto nel terreno producendovi i dannosi solchi summenzionati; era quindi necessario rafforzare la strada, renderla più resistente, in ispecie lungo quelle linee che venivano più frequentemente percorse dalle ruote dei carri. Si raggiunse lo scopo disponendo lungo la strada due file parallele di travi o tavoloni di legno. Questo provvedimento fu adottato prima che altrove nell'interno delle miniere per agevolare i trasporti delle materie scavate (figura 141); la manifesta economia derivante da questa innovazione indusse i proprietari a disporre simili *rotaie* di legno anco all'esterno delle miniere, lungo le strade che venivano percorse dai carri carichi di carbon fossile, che dirigevansi verso gli approdi delle navi destinate a trasportare questo prezioso combustibile nei luoghi di consumo.

Sembra che queste *strade a rotaie di legno* eieno state adoperate per la prima volta a Newcastle. La più antica notizia che si possegga intorno a queste strade è fornita da un'opera pubblicata

nel 1666, la *Vita di lord Keepernorth*, nella quale si parla nei seguenti termini dei trasporti di carbon fossile nel territorio di Newcastle:

« I trasporti si fanno sopra rotaie di legno perfettamente diritte e parallele, disposte lungo la strada dalla miniera fino al luogo d'imbarco sul fiume; queste rotaie vengono percorse da grandi carri a quattro ruote. Tale disposizione riduce di molto la spesa di trasporto, un cavallo solo trascina da quattro a cinque *chaldrons* con rilevante beneficio pei proprietari. »

L'economia risultante doveva infatti essere non indifferente, poichè le ruote dei carri in luogo di muoversi sopra un terreno scabro e cedevole della strada, si muovevano sopra legnami lisci e resistenti; un sol cavallo bastava a trascinare, sopra queste rotaie, un carico triplo di quello che avrebbe potuto trascinare sopra strada ordinaria.

Queste rotaie erano di legname di quercia od abete; i singoli pezzi erano lunghi circa 1.m80; essi non erano sostenuti *direttamente dal terreno*, ma invece da pezzi di legno *(traversi)* di minor lunghezza, distanti circa *60 centimetri* l'un dall'altro, disposti sul terreno nel senso della larghezza della strada.

Le strade a rotaie di legno si diffusero poi nei territorii carboniferi di parecchie contee, ed in ispecie in quelle di Durham e di Northumberland. Le spese occorrenti per stabilire e mantenere in buono stato queste strade erano invero rilevanti, ma venivano in breve compensate dalla grande economia che ne derivava nei trasporti del carbon fossile.

Tuttavia neppure le strade a rotaie di legno potevano dirsi al coperto da ogni critica, il legname esposto all'aria, all'alternativa del secco e dell'umido screpola e si guasta in più modi, il frequente passaggio dei pesanti carichi ne logora rapidamente la superficie; sarebbe quindi stato necessario cangiare frequentemente i legnami divenuti inservibili e sostituirli con legnami nuovi, il che riesciva soverchiamente dispendioso; i guasti più frequenti si verificano nei tratti di strada inclinata od in curva: si riconobbe quindi conveniente di foderare le travi con lamiere di ferro, dapprima su quelle parti della strada che più facilmente si deterioravano, poscia sull'intera lunghezza delle rotaie di legno.

[illegible].

Il piano inclinato automotore alla miniera di South-Hettora. — Deprezzamento del ferraccio, sua influenza nella costruzione dei ponti metallici e nella creazione delle ferrovie. — Rotaie con orlo sporgente e inconvenienti che ne derivano; l'uovo di Colombo. — L'ingegnere Jessop trasporta l'orlo sporgente dalla rotaia sulla ruota. — Economia nei trasporti.

Una nuova e più sensibile economia potè effettuarsi nei trasporti di carbon fossile nella miniera di South-Hetton. Le condizioni del suolo permisero di sopprimere, in parecchi tratti della strada, l'intervento dei cavalli: i carri carichi di carbon fossile discendevano senza che alcuno li trascinasse mentre i carri vuoti risalivano verso la miniera. Ecco in qual modo fu raggiunto lo scopo: in quei tratti di strada che correvano rettilinei ed in discesa dalla miniera verso il fiume (ove approdavano le barche destinate al trasporto del carbon fossile), si disposero quattro rotaie parallele. Un paio di rotaie serviva alla discesa dei carri carichi di carbon fossile, l'altro paio di rotaie serviva alla salita dei carri vuoti che facevano ritorno alla miniera: tanto i carri vuoti quanto i carri carichi erano collegati fra loro per modo che formavano due convogli distinti, l'uno dei quali scorreva sopra un paio di rotaie *(o come dicesi binario)*, *l'altro* su l'altro paio. Nel punto più alto di questi *varii tratti* di strada fu collocata una grande puleggia orizzontale; una robusta fune passava sulla *gola* di questa puleggia. L'uno dei capi della fune era *legato* al primo carro vuoto, l'altro capo era *legato* all'ultimo carro. Con tale disposizione di cose i carri pieni di carbon fossile, che perciò appunto riescono ben più pesanti dei carri vuoti, discendevano naturalmente lungo la strada inclinata. Il loro movimento di discesa tendeva la fune e questa obbligava i carri vuoti ad ascendere verso la miniera, mentre gli altri discendevano verso il porto. Questa ingegnosa applicazione del piano inclinato (fig. 139) è detta dai meccanici *piano inclinato* [illegible]motore.

Quest[illegible]pio fu imitato da quei pochi che avevano mini[illegible] poste in condizioni di suolo egualmente [illegible]zie; però nel maggior numero dei casi, la giacitura delle strade non permetteva l'impianto

dei piani inclinati automotori ed i proprietari erano tuttavia costretti ad impiegare i cavalli pel trasporto del carbon fossile; perciò il grave problema dell'economia dei trasporti rimaneva risolto solo incompletamente coll'adozione delle rotaie di legno rivestite di lamiera di ferro.

Un'eccezionale circostanza favorì l'industria dei trasporti e diede origine alle *strade ferrate*. A Colebrook-Dale, nella contea di Shropshire, il prezzo del ferro era disceso talmente che i proprietarii di miniere non trovavano alcuna convenienza a lavorarlo, erano perciò in procinto di lasciar inoperosi gli altiforni; quando uno dei proprietarii di miniere, l'ardito Reynold, si propose di mantenerli in attività anche a costo di sottoporsi momentaneamente a qualche perdita; ei concepì nuove applicazioni sì del ferraccio o ferro fuso, come del ferro battuto: ebbe per primo l'idea di varcare i fiumi con ponti metallici. Reynold stese nel 1773 il progetto d'un ponte di ferraccio destinato a varcare il torrente in vicinanza alla ferriera: questo ponte, largo sei metri, ad arco scemo, della luce di trenta metri, era già ultimato ed aperto al transito nel 1779. A questo primo tentativo felicemente riescito ne tennero dietro parecchi altri; Reynold costrusse altri ponti di ferraccio, fra i quali è degno di memoria quello sul fiume Wear presso a Sunderland, nella contea di Durham; questo ponte ad arco scemo avente 10 metri di freccia e 86 di corda, trovasi all'altezza di 33 metri sul fiume sottoposto e permette così anche alle più grosse navi di passarvi sotto a vele spiegate.

Fig. 139. Ferrovia per servizio della miniera di South Hetton (Un convoglio carico fa salire un convoglio vuoto).

In pari tempo Reynold pensò di sostituire spranghe di ferraccio alle rotaie di legno usate fino allora per agevolare i trasporti di carbon fossile. Se un giorno aumenterà il prezzo del ferraccio, si potrà, disse Reynold, togliere queste spranghe dalle strade ed impiegarne il metallo in modo più conveniente. Reynold costrusse adunque le prime rotaie di ferraccio, dapprima per servizio della sola miniera di Colebrook-Dale, poscia per conto di parecchi proprietarii di miniere di carbon fossile, i quali riconobbero l'economia derivante dalla sostituzione di rotaie di ferracccio alle rotaie di legno.

Per impedire ai carri di fuorviare, Reynold costruiva le rotaie con un orlo sporgente (fig. 140). Le ruote obbligate a scorrere sempre di fianco a quell'orlo non potevano deviare nè a destra nè a sinistra e quindi il carro non poteva uscire dalle rotaie. Quest'orlo sporgente non tornò però molto conveniente nella pratica: la polvere ed il fango della strada si accumulavano in breve nell'angolo formato dalla parte piana della rotaia con l'orlo sporgente sovr'accennato; la ruota non scorreva più sopra una superficie liscia, scorreva invece sopra una superficie resa scabra dal fango e dalla polvere. Queste scabrosità rendevano quasi completamente inefficace la rotaia; si ricadeva negli inconvenienti delle strade ordinarie, e d'altra parte era pur necessario disporre le cose in tal modo che i carri non potessero fuorviare. Parecchi ingegni si provarono inutilmente nella soluzione di questo problema che fu persino giudicato insolubile; tuttavia la soluzione fu semplicissima e ricorda il noto esperimento dell'uovo di Colombo. Nel 1789 un ingegnere inglese, Guglielmo Jessop, ebbe la felice idea di togliere l'orlo sporgente dalla rotaia, costrusse rotaie di ferraccio, la faccia superiore delle quali era perfettamente liscia ed applicò al contorno delle ruote un orlo sporgente due a tre centimetri. Jessop impediva così le deviazioni delle ruote dalle ruotaie, pur mantenendo queste ultime perfettamente lisce e quindi nella condizione più propizia all'economico trasporto dei carichi.

Fig. 140. Rotaia di Reynold.

Grazie al perfezionamento di Jessop, bastò un cavallo solo a trasportare il carico che, senza le rotaie, avrebbe necessitato l'impiego di dieci cavalli.

Siccome poi le rotaie di ferraccio non presentavano sufficiente resistenza e talvolta screpolavano, così esse furono a poco a poco sostituite da rotaie di ferro che sono di costo più elevato, ma, in pari tempo, di ben maggior durata delle altre.

IV

Lentezza dei trasporti a cavalli. — Speranze concepite dopo l'invenzione della macchina a vapore. — Fatale pregiudizio dei meccanici, supposta mancanza di aderenza fra le ruote e le rotaie. — Esperienze decisive eseguite nel 1813 dall'ingegnere Blackett; scomparsa d'un ostacolo immaginario. — Il direttore della miniera di Killingworth.

Grazie a questi successivi perfezionamenti, i trasporti di carbon fossile divennero grado grado più economici, però la velocità del trasporto era sempre la stessa, poichè la forza motrice era pur sempre (tranne i pochi piani inclinati di cui già parlammo, vedi fig. 139) quella dei cavalli; le ferrovie si diffusero nei territorii carboniferi, ma non altrove poichè non si stimò conveniente sostenere l'ingente spesa che sarebbe stata all'uopo necessaria per dotarne strade ove la frequenza dei carri sarebbe stata ben minore di quella che si aveva nei territorii carboniferi.

Fig. 141. Strada a rotaie di legno nell'interno d'una miniera.

Quando però l'invenzione della macchina a vapore dotò l'umanità d'un potente motore universale applicabile agli usi più svariati, si pensò pure di utilizzarla nella industria dei trasporti. I primi tentativi ebbero in mira di far muovere, mercè la forza del vapore, carrozze e carri sopra strade ordinarie; ma le scabrosità del terreno producendo frequenti e forti scosse deterioravano ben presto i meccanismi a vapore applicati a quei veicoli. Gli inventori dovettero riconoscere che per far andare senza inconvenienti un carro mosso dal vapore era mestieri che le ruote scorressero sopra una strada piana e completamente spoglia di scabrosità.

Il lettore, [illegible] recorrendo gli avvenimenti, immaginerà che [illegible] appena riconosciuta la necessità di far percorrere [illegible] i veicoli mossi dal vapore una strada liscia ed [illegible], gl'inventori abbiano pensato tosto alle ferrovie già esistenti, sulle quali le ruote non avrebbero [illegible] contrato scabrosità alcuna, ed appunto perciò le [illegible] chine a vapore non avrebbero sofferto alcun urto, [illegible] alcuna scossa. Eppure [illegible]

dette diversamente. Uno strano pregiudizio impedì agli inventori di far scorrere la macchina a vapore sopra strade ferrate munite di rotaie lisce. Pel corso di parecchi anni si credette generalmente che le ruote mosse dal vapore non avrebbero potuto progredire sopra le rotaie liscie, per mancanza di aderenza fra il contorno della ruota e la superficie della rotaia. I meccanici d'allora erano tanto convinti della pretesa impossibilità di far progredire un carro a vapore, che necessariamente doveva essere molto pesante, sopra rotaie prive di scabrosità, che non credettero neppure necessario di sperimentare se la supposta mancanza di aderenza sussisteva realmente o se era un parto della loro fantasia. Fino a che la forza motrice, dicevano i meccanici, è quella del cavallo o d'altro animale, il carro può essere trascinato, perchè l'animale puntando le zampe sulla scabra superficie del terreno trova appunto nel terreno i necessari punti d'appoggio per trascinare i veicoli; ma quando la superficie fosse del tutto priva di scabrosità, come è il caso delle rotaie, la forza motrice non troverebbe un punto d'appoggio; le ruote potranno esser mosse dal vapore, potranno girare, ma non progrediranno d'un palmo. Per superare questo ostacolo immaginario vennero proposti varii sistemi di carri a vapore dei quali daremo la descrizione ed i disegni quando parleremo particolarmente dell'invenzione della locomotiva. Neppur uno dei molti sistemi proposti presentava i vantaggi che si reclamavano dai carri a vapore.

Finalmente nel 1813 l'ingegnere inglese Blackett, che aveva a sue spese riconosciuti gl'inconvenienti dei varii sistemi di carri a vapore fino allora proposti, pensò che per quanto sia liscia la superficie della rotaia e quella del contorno della ruota, tuttavia questa, essendo fortemente premuta dal rilevante peso della macchina a vapore collocata sul carro, avrebbe pur dovuto incontrare sufficiente aderenza nella sottoposta rotaia. Una serie d'esperienze appositamente istituite da Blackett valse a confermarlo in questo suo giudizio; così Blackett potè far scomparire l'ostacolo immaginario creato dalla fantasia dei meccanici che lo avevano preceduto, e che avevano sdegnato sottoporre ad esperienza il risultato dei loro erronei ragionamenti.

Il carro a vapore adoperato da Blackett era tuttavia ben lontano dalla perfezione. Esso era pesante, dispendioso, si moveva assai lentamente. Per buona sorte, a non molta distanza dalla miniera di carbon fossile di Wylam, pel servizio della quale Blackett aveva costrutto quel carro a vapore, c'è un'altra miniera di carbon fossile, quella di Killingworth, alla direzione della quale era stato preposto un uomo di genio che aveva saputo, mercè il suo amore al lavoro ed il suo ardore per lo studio, sollevarsi gradatamente dall'umile posizione di operaio minatore; un uomo che a vent'anni, lavorando faticosamente quattordici ore al giorno, guadagnava appena di che vivere e che tuttavia quando morì, quasi ottuagenario, potè lasciar al suoi figli un patrimonio, *onestamente* accumulato, di oltre venti milioni. Quest'uomo di genio, di cui vi narreremo brevemente la storia, si chiamava *Giorgio Stephenson*.

V.

VITA DI GIORGIO STEPHENSON (1).

Il villaggio di Wylam. — Misera condizione della famiglia Stephenson. — Infanzia di Giorgio; cumulo di impieghi. — Nobile ambizione, primi lavori in servizio della miniera. — L'assiduità e l'amore al lavoro gli fruttano in breve una promozione, e' diviene aiutante fuochista. — Come Giorgio impiegava i momenti perduti. — Il desiderio di leggere la descrizione delle macchine di Watt lo fa andare alla scuola serale nel vicino villaggio; suoi rapidi progressi.

Giorgio Stephenson nacque il 9 giugno 1781 nel villaggio di Wylam sulle rive settentrionali del fiume Tyne, a circa otto miglia inglesi da Newcastle. Wylam è anche in oggi un meschino villaggio abitato esclusivamente da operai minatori che traggono il loro sostentamento lavorando nella vicina miniera di carbon fossile. Il nostro Giorgio era il secondogenito ed ebbe cinque fratelli; il padre, per nome Roberto, era fuochista presso alla pompa a vapore che sollevava l'acqua sorgente dal fondo di quella miniera. Roberto era attivo e laborioso, tuttavia il suo stipendio setti-

(1) Per questo cenno biografico ci siam giovati della *Vita degli Stephenson*, pubblicata da SAMUELE SMILES, l'autore dell'aurea opera: *Chi si aiuta Dio l'aiuta (Self-Help)*.

manale era di soli dodici scellini (circa 15 lire italiane). Con la più scrupolosa economia questa somma bastava appena a provvedere alla famiglia del necessario nutrimento e ben poco rimaneva pel vestiario, nulla per l'educazione; perciò nè Giorgio nè i suoi fratelli poterono frequentare la scuola.

Ad otto anni Giorgio si guadagnava il pane, come guardiano d'una piccola mandra di vacche; ei le sorvegliava al pascolo e le teneva lontane dalla vicina strada ferrata, che dalla miniera va al fiume Tyne, sulla quale discendevano pesanti carri, carichi di carbone, tirati da cavalli. Giorgio trovò modo di cumulare due impieghi: sollecitò ed ottenne l'incarico di guardiano alla ferrovia: ogni sera, quando era cessato il movimento dei

Fig. 142. Maneggio a cavallo per l'estrazione del carbon fossile dal fondo della miniera.

carri di carbon fossile, Giorgio doveva chiudere un certo numero di cancelli, collocati nei punti in cui la ferrovia incontrava altre strade, per riaprirli la mattina seguente per tempo; questo impiego supplementare gli fruttava due *pence* (20 centesimi) al giorno. Divenuto grandicello, fu impiegato a sarchiare le aiuole e ad altri lavori campestri.

Ma l'ambizione di Giorgio mirava più alto: ei voleva lavorare nella miniera. Raggiunse l'intento e fu impiegato assieme ad altri ragazzi a separare dalle terre e dalle pietre il carbon fossile già estratto dalla miniera. Di lì a qualche tempo ricevette l'incarico di sorvegliare e dirigere un cavallo che, camminando circolarmente, faceva girare un maneggio (fig. 142), il quale, mercè una combinazioni di funi e di pulegge, sollevava il carbon fossile dal fondo della miniera. Giorgio riceveva allora lo stipendio giornaliero di otto pence (circa 84 centesimi). La sua assiduità ed il suo amore al lavoro gli valsero in breve una promozione, fu posto a fianco del padre, in qualità di aiutante fuochista alla pompa a vapore della miniera. Grande fu la gioia di Giorgio quando a quattordici anni ebbe questo posto con lo stipendio d'un scellino (una lira o 20 centesimi). Di lì a due anni egli era fuochista alla pompa della miniera di Trockefey-Bridge col salario di dodici scellini alla settimana. Giorgio dedicava tutto il suo tempo allo studio della macchina a vapore affidata alle sue cure; in breve ei la conosceva tanto bene, che poteva smontarla completamente per esaminarne a suo bell'agio i singoli organi. La sua macchina fu la sua passione favorita; ei la sorvegliava con amore, ne conosceva i pregi e i difetti.

Giorgio aveva udito parlare d'altre macchine a vapore ben più complicate di quella che faceva andare la pompa pel sollevamento delle acque dal fondo della miniera, aveva udito ripetere che nei libri erano descritte le ingegnose macchine a doppio effetto che uscivano dall'officina di Watt e Bulton. Egli era avido di conoscerle, di studiarne la descrizione; ma come fare? ei non sapeva leggere, non conosceva neppur l'alfabeto!

Ei comprese allora che per progredire nella sua carriera gli era indispensabile impossessarsi di quell'arte meravigliosa che fu detta *la chiave di tutte le arti*, la lettura.

Nel vicino villaggio di Walbottle, un povero maestro teneva un corso di lezioni serali: Giorgio che aveva ormai diciotto anni, vi andava tre volte per settimana; ogni lezione gli costava un penny (circa 10 centesimi). Sebbene quell'insegnamento non fosse dei migliori, pure il nostro operaio era talmente avido di sapere che in breve tempo imparò a leggere ed a maneggiare la penna. Fu per lui un giorno di festa quando riescì a scrivere correttamente il suo nome.

Nell'inverno del 1799 un pedagogo scozzese si stabilì nel villaggio di Newburn ed aperse un corso serale di aritmetica. Giorgio che abitava poco discosto da Newburn, frequentava assiduamente queste lezioni e si esercitava nei calcoli nei momenti perduti della giornata. Senza mai mancare ai propri doveri, invigilando costantemente la pompa affidata alle sue cure, egli approfittava tuttavia dei più piccoli ritagli di tempo per risolvere i problemi di aritmetica proposti dal pedagogo nella serata antecedente. Stephenson, grazie alla sua straordinaria perseveranza, possedette in breve le cognizioni fondamentali dell'aritmetica.

VI.

Macchina a vapore intieramente affidata a Stephenson nel 1801. — L'innalzamento dei panieri carichi e la discesa dei panieri vuoti. — Lavoro diurno e lavoro notturno. — Preferenza di Stephenson pel lavoro notturno. — Utile impiego dei ritagli di tempo: esercizii di scrittura e d'aritmetica; abilità di Giorgio nel rattoppare le scarpe sdruscite; le scarpe di Fanny Henderson. — Stephenson a Willington Ballast Hill, e suoi lavori notturni.

Nel 1801 Giorgio ebbe la diretta sorveglianza di una macchina a vapore che sollevava, dal fondo della miniera di Dolly, grandi panieri contenenti il carbon fossile. L'operaio cui è affidata quella

Fig. 143. Strada Traiana presso ad Orsova sul Danubio.

macchina deve staccare i panieri carichi, quando giungono alla bocca del pozzo di estrazione, e sostituire ad essi altrettanti panieri vuoti che discendono nel pozzo, mentre contemporaneamente salgono altri panieri carichi. Per rompere la monotonia di questo lavoro, Stephenson alternava il servizio diurno col servizio notturno: poichè il lavoro ferve continuo nel fondo delle miniere, gli operai si danno la muta, quelli che hanno lavorato di giorno riposano durante la notte, e vice-

versa; quella stessa macchina che solleva i panieri carichi e cala giù nella miniera i panieri vuoti serve pure a far salire e scendere gli operai. Di notte la macchina non solleva carbone, serve soltanto a far salire e scendere gli operai e gli utensili; l'operosità del conduttore della macchina è quindi minore durante la notte, vi sono molti ritagli di tempo dei quali egli può disporre a suo talento, purchè, già s'intende, ei rimanga sempre al suo posto. Giorgio approfittava di questa libertà notturna per risolvere problemi d'aritmetica, per esercitarsi nella scrittura e per rattoppare le scarpe sdruscite dei suoi compagni. Stephenson dedicavasi anche a questo ingrato lavoro, nel quale divenne in breve abilissimo, per aumentare il suo magro peculio, non per avarizia, bensì per accumulare la piccola somma di denaro necessaria a piantar casa. Giorgio erasi invaghito d'una povera fanciulla, Fanny Henderson, bella, dignitosa e modesta, dotata di non comune buon senso, e si propose di sposarla. Giorgio incominciò a farsi conoscere dalla sua bella col rattopparne, con straordinaria cura, le scarpe; Fanny apprezzò in lui l'operaio attivo ed intelligente e fu ben lieta di essere da lui preferita; si sposarono nel novembre 1802. Stephenson era allora incaricato della sorveglianza della macchina di Willington-Ballast Hill, piccolo villaggio sulle rive settentrionali del fiume Tyne, distante sei miglia inglesi da Newcastle. Le navi che risalendo il fiume Tyne giungono presso a quel meschino villaggio per caricare carbon fossile, arrivano colà cariche di zavorra (terra o ghiaia che si carica sulle navi per mantenerle equilibrate quando non hanno da trasportar merci) che viene scaricata e sostituita da carbon fossile. Per non ingombrare la spiaggia, la zavorra vien caricata sopra carri disposti lungo la spiaggia sulla quale è costrutto un tronco di ferrovia; riuniti più carri in modo da formare un convoglio, questo vien trascinato mediante una fune (tesa da una macchina a vapore fissa) fino al luogo in cui deve operarsi lo scarico dei carri e quindi il deposito definitivo della zavorra. — Stephenson aveva appunto l'incarico di sorvegliare e dirigere quella macchina a vapore; lavoro che lo teneva occupato tutto il giorno; tuttavia, per aumentare le sue entrate a vantaggio della famiglia, ei dedicava parte delle ore della sera, delle quali ei poteva disporre a suo talento, allo scarico della zavorra dalle navi; nessuno era più destro di lui nel maneggiare il badile.

Fig. 144. Casa ove nacque Giorgio Stephenson a Wylam presso Newcastle.

Uno strano accidente lo sviò da questo lavoro manuale e diede alla sua industria un indirizzo nuovo e più lucrativo. Un giorno mentre ei trovavasi fuori si sviluppò il fuoco nel camino della sua casetta, il vicinato accorse in tutta fretta, i più zelanti ascesero sul tetto e versarono gran copia d'acqua nella gola del camino; l'incendio fu spento in breve, ma Giorgio rientrando in casa trovò tutti i suoi mobili inzuppati di acqua e coperti di fuliggine. Uno degli oggetti più cari a Stephenson, il suo orologio che stava appeso alla parete, aveva sofferto non poco per l'acqua e la fuliggine, le ruote non potevano muoversi. Giorgio voleva assolutamente ridare la vita al suo orologio, ma non era in grado di ricorrere all'orologiaio, perciò volle mettere alla prova il suo ingegno. Detto fatto: smontò completamente l'orologio, ne pulì con somma cura i singoli organi, li riunì di bel nuovo ed ebbe la somma soddisfazione di vedere l'orologio muoversi con la stessa precisione di prima. L'abilità di Giorgio fu tosto proclamata in tutto il villaggio, e d'allora in poi tutto il vicinato ricorse a Stephenson per affidargli la riparazione d'orologi.

Questa nuova industria giunse in buon punto pel laborioso Giorgio, poichè le sue spese famigliari eransi aumentate: il 16 ottobre 1803 egli ebbe un figlio che ricevette il nome di Roberto. — [illegible], Giorgio ebbe il dolore di perdere la sua cara Fanny, e tutto l'affetto del padre si concentrò sul Roberto.

VII

Stephenson a West Moor. — La pompa del pozzo di High Pit; colpo d'occhio di Stephenson, suo trionfo e promozione. — Necessità sentita da Stephenson di dare una buona educazione al figlio. — L'educazione di Roberto. — Le serate dei due Stephenson.

Nel 1808 Stephenson ed altri due conduttori di macchine a vapore stipularono un contratto per assumere a loro spese, verso un determinato compenso, l'esercizio delle macchine della miniera di West Moor a Killingworth. I tre conduttori fornivano l'olio ed il sego, ripartivano fra loro la sorveglianza e la direzione delle macchine e percepivano una somma fissa per ogni tonnellata di carbon fossile estratto. Siccome le macchine erano due e siccome entrambe funzionavano tanto di giorno quanto di notte, così dei tre soci, due erano costantemente occupati. Stava nel loro interesse di ridurre al minimo le spese; Giorgio studiò quindi il mezzo di ricavare qualche beneficio dal nuovo contratto, ei riconobbe che le funi del torno che servivano a far salire i panieri carichi di carbon fossile dal fondo del pozzo della miniera, erano mal disposte; esse si logoravano l'una sull'altra, ed in breve, divenendo inette al servizio, conveniva sostituirle. Questa frequente sostituzione delle funi recava un sensibile aumento di spesa. La durata delle funi era, nelle altre miniere, di circa tre mesi; le funi della miniera di West Moor duravano soltanto un mese. Giorgio esaminò accuratamente la disposizione del torno e delle funi, ne riconobbe il difetto e col permesso del meccanico principale e del proprietario della miniera, modificò quella viziosa disposizione e raggiunse tosto l'intento.

Stephenson continuava a dedicare le sue ore libere allo studio della meccanica nella quale divenne abilissimo. — Un nuovo pozzo, detto di High Pit, era stato scavato nel 1810 nella miniera di Killiogworth. L'acqua che si accumulava in fondo doveva essere estratta mercè una pompa a vapore espressamente costrutta, ma questa pompa si mostrò inetta allo scopo; il pozzo era sempre pieno d'acqua e quindi non era possibile penetrarvi per l'estrazione del carbon fossile. L'ingegnere preposto alla miniera di Killingworth aveva indarno tentato di riparare quella pompa difettosa, e l'intendente della miniera Ralph Dodds, disperando di mettere a secco quel pozzo, era in procinto di abbandonarlo per non sprecare altri denari nell'alimentazione della pompa a vapore. La cosa venne all'orecchio di Stephenson; questi esaminò minutamente la pompa a vapore e si impegnò di migliorarla nel breve periodo di otto giorni, a tal segno da rendere possibile agli operai di scendere fino in fondo al pozzo. Ralph Dodds fu ben contento di poter mettere alla prova l'abilità del nostro Giorgio. Questi smontò completamente la macchina, modificò alcuni organi, rimediando così a parecchi difetti di costruzione. In capo a tre giorni tutte le riparazioni erano compiute, la macchina incominciò a funzionare, il livello dell'acqua, nell'interno del pozzo, andò gradatamente abbassandosi, e prima che fossero trascorsi gli otto giorni chiesti da Stephenson gli operai erano già discesi a piedi asciutti in fondo al pozzo. — Il trionfo di Stephenson gli attirò la stima universale, l'intendente della miniera gli diede una gratificazione di dieci sterline (circa 252 lire) e lo promosse a meccanico a High Pit con aumento di salario. Siccome l'avventura fu conosciuta ben presto in tutto il territorio, così Stephenson divenne il consulente di quanti avevano pompe difettose.

Nel 1812, essendo vacante il posto di meccanico principale della miniera di Killingworth, l'intendente Ralph Dodds, che non aveva dimenticato il nostro Giorgio, gli conferì quel posto con l'annuo stipendio di cento sterline. Da allora in poi Stephenson non si vide più costretto a sciupare il suo tempo in lavori manuali, e potè soddisfare più liberamente all'ardente sua brama di aumentare la sua coltura intellettuale. — Ma questo periodo di tranquillità fu di breve durata: Roberto era ormai grandicello, suo padre voleva dargli una buona educazione. Le sue entrate ordinarie non bastavano: ei le aumentò procurandosi entrate straordinarie col lavoro notturno. Ei dedicò nuovamente parte della notte a rattoppar scarpe, ad accomodare orologi, a tagliare forme di legno pei calzolai. Stephenson stesso tratteggiò questo periodo della sua esistenza nel discorso da lui pronunciato a Newcastle il 18 giugno 1844 in occasione dell'apertura della ferrovia da Newcastle a Darlington: « Mentre Roberto era ancora bambino « io mi preoccupavo già della sua educazione, sen« tivo su me stesso i danni della mancanza di co« gnizioni, e per risparmiare a mio figlio le dif« ficoltà da me incontrate, risolvetti di inviarlo « ad una buona scuola e di dargli una buona edu-

« cazione. Ma io ero povero: per superare que-
« st' ostacolo, dedicai le mie scarse ore di libertà
« alla riparazione di orologi e ad altri lavori ma-
« nuali; a questo modo mi procurai i mezzi per
« educar la mia creatura ».

Roberto incominciò a frequentare la scuola a Newcastle nel 1815, e fece in breve rapidi progressi; quando Roberto ritornava a casa alla sera, il padre si informava premurosamente degli studi fatti dal figlio durante la giornata, ripetea secolui le lezioni con notevole vantaggio per entrambi. Di quando in quando Roberto otteneva a prestito dalla biblioteca della scuola qualche volume d'una *Raccolta d'Arti e Scienze*; allora Giorgio lasciava

VIII.

INVENZIONE DELL

Carro a vapore di Cugnot pel servizio dell' artiglieria. — Esper
dell'americano Evans. — Incredulità del Congresso dello Stato
L'esperienza felicemente eseguita da Evans a *Filadelfia* nel 18
— La vettura a vapore degli inglesi Trevithick e Vivian. — In
strade ordinarie. — Singolare circostanza che induce Trevi
strada ferr

Il primo carro a vapore fu costrutto in Francia dal lorenese Giuseppe Cugnot (nato il 25 settembre 1725). Questi sottopose la sua invenzione all'esame del Governo francese. L'idea di Cugnot era di impiegare la macchina a vapore nei trasporti dell'artiglieria e d'altri materiali da guerra. Il Governo francese incoraggiò l'inventore e mise a sua disposizione le somme occorrenti per eseguire un' esperienza decisiva su ampia scala. Cugnot costrusse quindi un carro a tre ruote, sul dinanzi del quale collocò una macchina a vapore ad alta pressione ed a semplice effetto, provveduta di due cilindri, disposti verticalmente, in ciascuno dei quali scorreva uno stantuffo; il movimento concorde di questi stantuffi veniva trasmesso all'unica ruota posta sul dinanzi del carro. Grazie a questa disposizione, il carro a vapore poteva girare anche nelle curve più pronunciate. La ruota motrice era provveduta d' un cerchione di ferro, scanalato nel senso della larghezza, allo scòpo di aumentare l'aderenza tra il contorno della ruota ed il suolo.

Il carro ora descritto fu ultimato nel 1770. Cugnot lo sperimentò allora in presenza del duca di Choiseul, suo protettore, del ministro della guerra e di molti ufficiali. La macchina, messa in azione,

non aderì alla domanda di Evans. Questi non abbandonò la partita, e di lì a dieci anni si rivolse al Congresso d'uno Stato vicino, lo Stato di Maryland. Il Congresso del Maryland non si mostrò più profetico del Congresso della Pensilvania; tuttavia « considerando che non poteva derivarne danno ad alcuno » accordò ad Evans, il 21 maggio 1797, il brevetto da lui richiesto, nel quale era espresso troppo chiaramente il dubbio del Congresso intorno all'utilità dell'invenzione. Quest'implicita disapprovazione non serviva certo a rendere propizii i capitalisti interpellati da Evans essi non vollero rischiare il loro denaro nell'ardita invenzione dei carri a vapore. Tuttavia Evans non si perdette d'animo; nel 1800 ei dedicò tutti i suoi risparmii alla costruzione della vettura da lui ideata. Egli ebbe la perseveranza di condurla a termine malgrado la disapprovazione e lo scherno che su lui si gettava a piene mani dai suoi concittadini. Un ingegnere che godeva buona fama, presentò alla *Società filosofica di Filadelfia* una memoria, nella quale ei tentava di mostrare l'impossibilità di mettere in movimento le vetture con la sola forza del vapore. Quella Società ebbe però il buon senso di non aderire a quest'ardita asserzione, « poichè — diceva prudentemente quel rapporto — non è dato stabilire un limite al possibile. »

Fig. 145. Giorgio Stephenson.

Sul cadere del 1800 la vettura a vapore di Evans era compiuta ed egli ebbe la soddisfazione di farla andare a suo talento sulle vie di Filadelfia. Ad onta di questa evidente dimostrazione della possibilità di mettere in movimento le vetture con la sola forza del vapore, Evans non potè trovare alcuno che lo sovvenisse coi necessarii capitali per fondare un'impresa di trasporti a vapore. Ei fu quindi costretto ad abbandonare suo malgrado questo interessante argomento per dedicarsi all'industria delle macchine a vapore ad alta pressione, dalla quale almeno ei poteva ricavare il suo sostentamento.

Le idee di Evans non andarono perdute: traversarono l'Atlantico e furono raccolte da due meccanici inglesi, Trevithick e Vivian. Questi ottennero, nel 1801, un brevetto nel quale è dichiarato di lor proprietà l'impiego della macchina a vapore, ad alta pressione, pel movimento delle vetture.

La vettura a vapore costrutta da Trevithick e Vivian era montata sopra un carro a tre ruote; le due ruote posteriori K (fig. 147) di grande diametro venivano messe in movimento dalla macchina e portavano quasi tutto il peso della vettura; la ruota anteriore L, che poteva essere manovrata a mano, serviva a far andare la vettura a destra od a sinistra a seconda dell'inflessione della strada. Sull'asse che congiungeva le due ruote principali era applicato un robusto telaio di ferro, il quale sosteneva un fornello B circondato da una caldaia cilindrica A; il vapore sviluppatosi dall'acqua contenuta nella caldaia percorreva un tubo (che staccavasi dalla regione più alta della caldaia) e giungeva nell'interno d'un cilindro C disposto orizzontalmente. Nell'interno del cilindro scorreva uno stantuffo; l'estremità del gambo di questo stantuffo era munita di una rotella che scorreva frammezzo a due guide orizzontali D; al centro della rotella era impernata una biella, la cui estremità sinistra (vedi figura 147) era congiunta, con articolazione, ad un punto del perimetro d'una ruota dentata E F, l'asse della quale portava inoltre un volante G destinato a rendere uniforme il movimento della macchina. I denti della ruota dentata E F ingranavano finalmente coi denti d'una seconda ruota dentata (indicata con H nella nostra figura), impernata sullo stesso asse delle ruote principali K: ecco dunque che il movimento rettilineo di va e vieni dello stantuffo imprimeva un moto circolare continuo alla ruota dentata E F, la quale — grazia agli ingranaggi — imprimeva analogo movimento circolare alla ruota H; questa faceva girare il proprio asse ed obbligava perciò anche le ruote K a muoversi circolarmente e quindi a far progredire la vettura.

Questo sistema era realmente molto ingegnoso, tuttavia non poteva superare i numerosi ostacoli che rendono quasi impossibile il movimento di vetture a vapore sopra strade ordinarie. L'enorme attrito che si verifica al contorno delle ruote oppone un gravissimo ostacolo a questo genere di locomozione. È comprovato che sulle migliori strade di pianura, la resistenza che si incontra in causa dell'attrito corrisponde ai quattro centesimi del peso che si vuol trasportare; quando poi la strada presenta un po' di salita la resistenza aumenta assai rapidamente. Sopra una strada con la salita di tre

centimetri p... dolce, la resis... del peso che s... rare questa res... in pendio, macc... rebbero necessari... conviene poi nota... tenza di una ma... stieri aumentarne l... ogni aumento di pe... quindi la resistenza... giungi poi che le ine...

Fig. 146. Esperienza eseguita nel 1770 a Parigi col carro a vapore

compromettono continuamente il movimento e la conservazione della macchina; che la difficoltà di regolare a piacere e di frenare istantaneamente il movimento d'una siffatta vettura sopra una strada percorsa in ogni senso da veicoli o da pedoni, od ingombra di ostacoli, aumenta non poco gl'inconvenienti derivanti dall'impiego di vetture a vapore sopra strade ordinarie.

Dopo aver eseguiti numerosi tentativi, rimasti infruttuosi per migliorare la loro invenzione, Trevithick e Vivian dovettero pur riconoscere la loro impotenza a superare i numerosi e gravi ostacoli da noi sommariamente accennati. Essi disperavano ormai di cavare qualche profitto dalla loro invenzione, quando una circostanza singolare venne ad imprimere un nuovo indirizzo alle loro ricerche.

Un ricchissimo Inglese... guardevole somma in... peso che un sol caval... sopra la strada ferra... vizio d'una miniera... nelle vicinanze di L... il peso dei singoli... scinati da quel po... dinario. La voce... di tutta l'Inghil... di Trevithick e... concepita, ma... zione della su... ferrata per ag... carbon fossile...

IX.

La prima locomotive costrutta nel 1803 per la ferrovia di Pen-y-darran. I guasti da esse prodotti su quella ferrovia determinano i proprietarii delle miniera e ricorrere nuovemente alla trazione a cavalli. — Influenza di un ostacolo immaginario. — La locomotiva e le ruotaie dentata di Blenkinsop. — Locomotiva dei fratelli Chapmann. — Il *viaggiatore meccanico* o locomotive e stampelle di Brunton.

Trevithick costrusse adunque nel 1803 una vettura a vapore destinata a muoversi sopra una strada ferrata. Questa vettura a vapore (fig. 148), che fu il germe da cui nacque la *locomotiva*, aveva una lunga caldaia cilindrica orizzontalmente sopra quattro ruote; il fornello, del pari cilindrico, era praticato nell'interno della caldaia e la attraversava longitudinalmente; dall'estremità del fornello si ergeva verticalmente il fumaiuolo che accoglieva'i prodotti della combustione e li spandeva

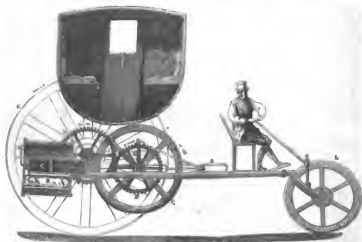



Fig. 147. Vettura a vapore per strade ordinarie, costrutta da Trevithick e Vivian nel 1801.

nell'atmosfera. Un solo cilindro era collocato orizzontalmente sul dinanzi della macchina; all'asta dello stantuffo era articolata l'estremità d'una biella, l'altra estremità di questa biella era fissata, con l'articolazione, all'estremità d'una manovella congiunta ad un albero od asse orizzontale; quest'asse portava inoltre una ruota dentata, i denti della quale ingranavano con quelli d'altre ruote dentate, che finalmente trasmettevano un moto circolare continuo alle quattro ruote (collocate a due a due su ciascuna delle due rotaie) sostenenti la caldaia e tutto il meccanismo. Sull'asse motore, che, come abbiam detto, portava la manovella, era impernato un massiccio volante destinato ad agevolare alla manovella il passaggio dei *punti morti*, ed a rendere uniforme il movimento della macchina. Il vapore che aveva già funzionato nel cilindro attraversava apposito tubo e penetrava nel fumaiuolo. Trevithick aveva adottata quest'importantissima disposizione ignorandone l'enorme pregio, ed al solo scopo di sbarazzarsi d'un incomodo getto laterale di vapore. Il pregio, posteriormente riconosciuto ed apprezzato, dell'introduzione d'un getto di vapore nel fumaiuolo della locomotiva, consiste, come vedremo a suo tempo, nella chiamata d'aria provocata nel fornello e nell'attività che per tal modo acquista la combustione, attività di combustione che favorisce la rapida produzione del vapore indispensabile per una macchina che, senza superare determinate dimensioni, deve pur sviluppare una potenza rilevante.

La locomotiva ora descritta riesciva a trascinare, sulla ferrovia della miniera di Pen-y-darran,

parecchi carri ripieni di materiali, del peso complessivo di dieci tonnellate, muovendosi con la velocità di circa otto chilometri all'ora. Siccome però quella locomotiva era ben più pesante dei carri che avevano percorsa fino allora quella strada ferrata, così le rotaie di ferraccio, che pur sopportavano il peso di quei carri, non reggevano all'insolito peso della locomotiva: ogni viaggio di questa provocava la rottura d'un gran numero di rotaie; conveniva adunque o togliere dalla ferrovia tutte le rotaie fino allora impiegate e sostituirle con altre più robuste e quindi più dispendiose, ovvero rinunciare completamente all'impiego della locomotiva. I proprietari della miniera stimarono più vantaggioso quest'ultimo partito: tolsero le ruote alla locomotiva che, trasformata così in macchina fissa, servì a pompar l'acqua da un pozzo della miniera. I cavalli ripresero quindi possesso della ferrovia, dalla quale erano stati espulsi per breve tempo. Da quel giorno in poi Trevithick, disperando di poter migliorare efficacemente la sua invenzione, rinunciò ad ogni ricerca ulteriore risguardante il perfezionamento della locomotiva. — Quest'utilissima applicazione della macchina a vapore rimase quasi del tutto dimenticata pel corso di parecchi anni.

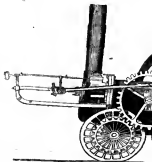



Fig. 148. Vettura a vapore di Trev

Il momentaneo abbandono in cui fu lasciato l'interessante problema della locomozione a vapore sulle strade ferrate era in gran parte dovuto all'ostacolo immaginario da noi già menzionato (a pagina 206): la supposta mancanza di aderenza fra il contorno delle ruote e le rotaie. Trevithick riteneva parzialmente supplito alla mancanza di aderenza, rendendo scabro il contorno delle ruote della sua locomotiva; ei credeva però che ciò nulla meno la locomotiva non avrebbe potuto progredire qualora avesse dovuto rimorchiare un convoglio molto pesante. Come abbiam già detto, tutti i meccanici d'allora dividevano l'erronea idea di Trevithick senza punto curarsi di assoggettarla ad esperienza.

Primo a riprendere lo studio del pratico impiego della locomotiva, fu l'ingegnere Blenkinsop, direttore della ferrovia della miniera di carbon fossile

Nel 1812 i fratelli Chapmann tentarono di sostituire agli ingranaggi di Blenkinsop un nuovo sistema di trazione. Conficcarono nel suolo, ad eguale distanza l'uno dall'altro, nello spazio interposto fra le due rotaie costituenti la ferrovia, dei robusti pali di legno, le cui teste appena sporgevano dal terreno. La macchina a vapore (collocata sopra un carro a quattro ruote ben lisce) faceva girare un torno sul quale andava a poco a poco avvolgendosi una fune, un estremo della quale era fissato sulla sommità di uno di quei pali, e così il carro a vapore trascinando un lungo convoglio di carri da carbon fossile giungeva fin presso al palo; allora la

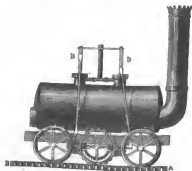



Fig. 149. Locomotiva di Blenkinsop (1812).

macchina si fermava fino a che un operaio staccava da quel palo il capo della fune, e, dopo averla svolta dal torno, la fissava sulla sommità del palo successivo; la macchina, muovendo il torno, avvolgeva nuovamente la fune intorno ad esso, e così giungeva fino al secondo palo per arrestarsi di bel nuovo fino a che l'estremità della fune non fosse stata fissata sul terzo palo, e così via. Gli inventori costrussero a questo modo un carro a vapore, e ne fecero l'esperienza sulla ferrovia della miniera di Heaton presso Newcastle; ma la straordinaria lentezza di questo sistema di trazione, l'enorme perdita di forza provocata dagli attriti, le frequenti e dispendiose riparazioni cui doveva sottostare la macchina, ne fecero ben presto abbandonare l'impiego.

La più singolare fra tutte le bizzarre invenzioni concepite per supplire alla supposta mancanza di aderenza, fu quella dell'ingegnere Brunton (della contea di Derbyshire. Brunton prese un brevetto, nel 1813, pel suo *viaggiatore meccanico*, che doveva camminare mercè gambe di ferro messe in movimento della forza del vapore.

La fig. 150 rappresenta la macchina costrutta da Brunton, che può ben dirsi *locomotiva a stampelle*. Come si vede, la caldaia ed il meccanismo sono sostenuti da due paia di ruote dal contorno liscio; il movimento di va e vieni dello stantuffo che scorreva entro ad un cilindro orizzontale, veniva trasmesso, mercè il gambo ed una leva AC, alle due stampelle AB che premendo sul suolo ad intervalli, facevano progredire la locomotiva, si alzavano, per abbassarsi subito dopo al ripetersi dell'oscillazione dello stantuffo. Quelle stampelle

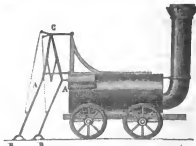



Fig. 150. Locomotiva a stampelle di Brunton.

spingevano innanzi la locomotiva come un battello è spinto innanzi quando il rematore preme obbliquamente col remo sul fondo del fiume.

Questa macchina singolare non sopravvisse alla prima esperienza; la disposizione adottata da Brunton avrebbe da sola bastato a rendere malconcia la macchina dopo pochi passi. Quasi ciò non bastasse, il meccanico che doveva dirigere quella locomotiva, volendo garantirsi un esito brillante, caricò fuor di misura le valvole di sicurezza per aumentare di molto la pressione del vapore nella caldaia e quindi la forza della macchina. L'imprudente meccanico non ebbe il tempo di pentirsi, poichè l'enorme forza del vapore incautamente imprigionato, fece scoppiare la caldaia, i frammenti della quale, — scagliati dal vapore con formidabile violenza, — uccisero il meccanico e ferirono gravemente parecchi spettatori. Dopo d'allora non si pensò più di ritentare la pazza esperienza.

X.

Esperienza di Blackett. — Colpo d'occhio di Giorgio Stephenson; prima locomotiva da lui ultimata nel 1814. — Influenza dell'introduzione d'un getto di vapore nel fumaiuolo. — Seconda locomotiva di Stephenson; soppressione degli ingranaggi e della catena senza fine.

Mentre Blenkinsop, Chapmann, Brunton ed altri ideavano complicati meccanismi destinati a trionfare dell'immaginaria mancanza di aderenza fra le ruote e le rotaie, un altro ingegnere inglese, Blackett, volle riconoscere se quella aderenza mancava realmente, ed a tal fine, come abbiamo già detto a pag. 206, istituì una serie d'esperienze dalle quali ei concluse che per quanto possa sembrare levigatissima tanto la superficie della rotaia quanto il contorno della ruota, tuttavia quest'ultima, — quando sia obbligata a girare intorno al proprio centro e sia contemporaneamente premuta da un peso soprastante — trova sempre sulla rotaia l'aderenza necessaria per poter progredire.

Riconosciuta l'insussistenza di quanto s'era creduto fino allora, Blackett costrusse finalmente una locomotiva senza inutili e dannosi accessorii, destinata a viaggiare sopra rotaie liscie.

Giorgio Stephenson il quale, come abbiamo detto più sopra, studiava i possibili perfezionamenti da introdursi nell'esercizio della miniera a lui affidata, prese vivo interesse per le esperienze di Blanckett, esaminò minutamente la locomotiva costrutta da quest'ultimo, riconobbe in essa non poche imperfezioni; ma nel tempo stesso, guidato dal suo profondo colpo d'occhio, riconobbe tosto che l'adozione d'una buona locomotiva avrebbe esercitata una benefica influenza nella grave questione dei trasporti di carbon fossile, ed avrebbe quindi dato nuovo impulso e nuova vita alle miniere di quell'importante combustibile. Per tutti questi motivi Stephenson concepì, nel 1813, l'idea di costruire una nuova locomotiva, che ei lusingavasi potesse riuscire più potente e più veloce di quelle già costruite. Ei sottopose questa sua idea ai proprietari della miniera, i quali avendo già apprezzato in più incontri il singolare talento meccanico dell'antico operaio, accolsero favorevolmente la sua proposta e posero a sua disposizione le somme necessarie all'esecuzione della macchina che egli proponevasi di costruire.

Gli ostacoli ch'ei doveva superare non eran pochi, principalissimo fra questi la difficoltà di poter disporre di operai meccanici capaci di [illegible] forma concreta alle sue idee. Gli strumenti [illegible] allora in uso nelle officine delle miniere [illegible] perfetti o grossolani, l'arte del costr[illegible] chi[illegible]ne era ancora lontana dallo st[illegible] ch'essa raggiunse in quest'ult[illegible] era la possibilità d'una [illegible] vette giovarsi degli uomini [illegible]

Fig. 151. Prima locomotiva di Stephenson (1814).

ponibili a Killingworth. La macchina fu costrutta adunqne, sotto la direzione di Stephenson, nella officina addetta a quella miniera.

La caldaia, di ferro battuto (fig. 152). era di forma cilindrica, lunga 8 piedi, (2.m 438), del diametro di 34 pollici (0.m 863), il focolaio pure cilindrico, del diametro di 20 pollici (0.m 508), attraversava tutta la lunghezza della caldaia ed era sormontato da un fumaiuolo dello stesso diametro. La caldaia ed il meccanismo erano sostenuti (fig. 151) da sei ruote, tre delle quali I, J, K, sono visibili nella nostra figura. Su ciascuno dei tre assi che portavano queste sei ruote erano fissate due ruote dentate di minor diametro; due *catene senza fine* univano separatamente queste ruote a tre a tre. Nella nostra figura si veggono le tre ruote dentate E, F, G unite dalla catena senza fine ABDC. Grazie a questa catena senza fine, tutto il peso della locomotiva veniva utilizzato a produrre la necessaria aderenza fra le sei ruote e le rotaie sottoposte. — La caldaia era sormontata da due cilindri verticali, H, H, del diametro di 8 pollici (0.m 203) in ciascuno dei quali lo stantuffo compieva una corsa di 24 pollici (0.m 609); l'alternato movimento di ascesa e di discesa di quei due stantuffi imprimeva analogo movimento ad un traverso orizzontale fissato sulla sommità del gambo di ciascun stantuffo; ai due estremi di ciascun traverso era articolata una biella (che non fu indicata nella figura 151 allo scopo di lasciar scorgere l'interno della caldaia) che univasi con articolazione ad una manovella applicata a ciascuna delle quattro ruote estreme (ossia alle due ruote I, K, ed alle altre due ruote corrispondenti, invisibili nella figura). Con tale disposizione di cose, il movimento degli stantuffi faceva girare le quattro ruote estreme e quindi, — mercè le ruote dentate e la catena senza fine, — anche le ruote intermedie.

Fig. 152. Sezione trasversale e longitudinale della caldaia e del fumaiuolo nella prima locomotiva di Stephenson.

Per superare la resistenza derivante dal passaggio delle manovelle nei *punti morti*, le due manovelle applicate ad uno dei due assi motori erano disposte ad angolo retto rispetto alle altre due manovelle.

Questa locomotiva che fu detta *Blücher*, potè essere sperimentata per la prima volta il 25 gennaio 1814. L'esperienza riescì felicemente; quella locomotiva trascinò dietro a sè un convoglio composto di otto carri ripieni di carbone, pesanti complessivamente trenta tonnellate, con la velocità di circa quattro miglia (circa sei chilometri e mezzo) all'ora, sopra una ferrovia in ascesa, con la salita di 1 sopra 450.

La *Blücher* presentava qualche progresso rispetto alle locomotive fino allora costrutte; tuttavia Stephenson non si addormentò sugli allori. Esaminò imparzialmente e minutamente la sua locomotiva e riconobbe che essa era ancor ben lontana dalla perfezione; riconobbe in particolare che la trasmissione del movimento mediante le ruote dentate e la catena era un sistema difettosissimo,

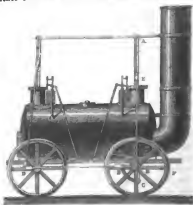



Fig. 153. Locomotiva a ruote accoppiate, costrutta da Stephenson nel 1815.

poichè dava origine a continue scosse che seriamente compromettevano l'esistenza della macchina. Dopo alcuni mesi d'esercizio, ed in base ad accurati calcoli di confronto, Stephenson riconobbe che i trasporti di carbone effettuati mercè quella locomotiva non presentavano alcuna economia nè di tempo nè di denaro rispetto ai trasporti fino allora effettuati sulla ferrovia con carri trascinati da cavalli. Per tali motivi la locomotiva, dichiarata inutile, sarebbe stata abbandonata, forse per sempre, se Stephenson non avesse tentato di perfezionarla. Egli riconobbe che la lentezza della macchina derivava dalla scarsa quantità di vapore che poteva essere generato dalla caldaia in un dato tempo: conveniva quindi aumentare la produzione del vapore. — Nella *Blücher* il vapore che aveva già servito a muovere gli stantuffi, passava dai due cilindri in un tubo di scarico e quindi nell'atmosfera. Stephenson, che era un attento osservatore, notò che il vapore usciva da questo

tubo di scarico assai più rapidamente che il fumo dal fumaiuolo. Egli pensò quindi che scaricando nel fumaiuolo il vapore che aveva già funzionato nei due cilindri, il rapido movimento ascendente del vapore avrebbe notevolmente aumentata la velocità con cui il fumo usciva dal fumaiuolo; che per ciò l'aria fresca si sarebbe precipitata più rapidamente nel fornello per sostituirvi quella uscita assieme al fumo su pel fumaiuolo e che per conseguenza la combustione nel fornello sarebbe riescita più attiva.

Senza por tempo in mezzo, il nostro Giorgio fa entrare nel fumaiuolo tutto il vapore che esce dai cilindri; l'aria fresca si precipita con insolita rapidità nel fornello e rende straordinariamente viva la combustione; perciò la quantità di vapore sviluppatasi nella caldaia aumenta di molto: la potenza della locomotiva cresce in proporzione dell'aumento di vapore provocato da quella vivace combustione.

Nel 1815 Stephenson costruì una nuova locomotiva nella quale il getto di vapore sovraccennato animava la combustione e rendeva possibile la rapida produzione di vapore nella caldaia; soppressi gli ingranaggi e la catena senza fine, sostituì ad essa una verga rigida fissata orizzontalmente su ciascun paio di ruote. In pari tempo Stephenson si propose di rifornir d'acqua la caldaia, mercè una pompa aspirante-premente, messa in movimento dalla stessa macchina, pompa che attingeva l'acqua da un serbatoio collocato sopra un *carro di scorta* (in inglese: *tender*) attaccato in coda alla locomotiva.

XI.

INVENZIONE DELLA LAMP

Il gas di miniera; esplosioni di questo gas nelle miniere di car... sioni subite da Stephenson. — Profondo sentimento del dovere; S... tori ed inventa la lampada di sicurezza. — Contemporanea inver... liche. — Premii accordati ai due inventori; oriuolo car...

Deviando alquanto dall'argomento principale che ora ci occupa dobbiamo brevemente narrarvi un'importante invenzione di Stephenson, la quale dimostra quanto fosse potente il suo ingegno e l'amore ch'ei nutriva pei suoi compagni di lavoro.

Tutti sanno (1) che il gas illuminante si cava

(1) Vedi AMBROSOLI, *Prime nozioni di fisica*. Milano, 1854, pag. 665 e 666.

minante che è detto *idrogeno bicarbonato* perchè contiene due dosi di carbonio). Il gas di miniera, sebbene contenga meno carbonio del gas illuminante, può accendersi anch'esso ed ardere, spandendo però luce meno viva dell'altro, quando giunga a contatto con una fiamma. E non solo si accende il gas di miniera puro, ma è infiammabile anche una mescolanza di gas e d'aria comune. Solo che il gas sia un poco più di una quindicesima parte dell'aria (in volume), il miscuglio è *esplosivo*, cioè si accende con scoppio, con *esplosione;* se poi arriva ad essere una decima, una nona, un'ottava parte dell'aria, l'esplosione è violentissima. Ora nelle miniere di carbon fossile lo sviluppo naturale del gas è più che bastante perchè l'aria venga spesse volte a contenerne in tali proporzioni. E siccome in molte parti di quelle miniere sotterranee convien lavorare coi lumi, così avveniva spesso che il miscuglio prendeva fuoco con terribile esplosione, e gli operai rimanevano uccisi sul colpo.

Stephenson nella sua ancor giovane carriera era stato più volte testimonio di queste tremende sciagure che rimasero profondamente scolpite nella sua mente. Un'esplosione di gas verificatasi nel 1806 nella miniera di Killingworth costò la vita a dieci operai; tre anni dopo, nella stessa miniera, dodici operai rimasero soffocati per una esplosione consimile. Nel 1812, nella miniera di Felling, poco discosta da Killingworth, perirono per lo stesso motivo ben novanta operai.

Un uomo della tempra del nostro Giorgio non poteva rimanere indifferente spettatore di mali sì gravi; ei si propose di rintracciare le cause di quelle calamità per tentare poi di prevenirle, se ciò era possibile. Le sue continue ed assidue occupazioni non gli impedivano di dedicarsi costantemente allo studio di quest'importantissimo problema; nella sua qualità di meccanico d'una miniera tanto estesa quanto quella di Killingworth, nella quale eranvi allora quasi centosessanta miglia (circa 257 chilom.) di gallerie sotterranee, ei doveva percorrere frequentemente l'interno della miniera e si trovava perciò assai sovente, faccia a faccia, col pericolo. Egli *udiva* bene spesso, nei punti più pericolosi, il fischio prodotto dal forte getto di gas che usciva dai crepacci del carbon fossile. Tutti i sistemi di ventilazione, fino allora conosciuti, erano stati impiegati per prevenire quelle formidabili esplosioni; i punti più pericolosi delle gallerie sotterranee erano stati murati affinchè il funesto gas vi rimanesse imprigionato senza recar danno; tuttavia il pericolo sussisteva sempre, nuovi getti di gas potevano ad ogni istante sbucare dal carbone, accendersi ed esplodere al contatto dei lumi dei minatori; questi trovavansi perciò esposti continuamente al pericolo d'una morte straziante.

Un giorno, nel 1814, un operaio si precipitò nell'abitazione di Stephenson per dargli la desolante notizia che il gas erasi acceso nella galleria più profonda della miniera. Giorgio corre immediatamente verso il pozzo della miniera, già circondato dalle mogli e dai figli dei minatori che in preda alle più crudeli angosce aspettavano ansiosamente notizie dei loro cari. Stephenson si fa calare in fondo al pozzo. In fondo a quel pozzo vi era un pericolo certo e fors'anco la morte; tuttavia egli ubbidiva alla voce del dovere che lo chiamava laggiù. In breve ei giunge al fondo della miniera, e trova gli operai paralizzati dal pericolo, in preda alla disperazione. Nessuno di essi avrebbe osato tentare il solo rimedio efficace in simili casi; ma la voce di Giorgio si fa sentire: « Chi ha coraggio mi segua e il fuoco sarà spento! » La voce simpatica del loro capo infonde coraggio agli operai che si affrettano a seguirlo. Il frenetico tumulto e le grida di disperazione son cessate ad un tratto, tutti sono silenziosi e lavorano energicamente. Nell'interno delle miniere stanno sempre pronti mattoni, cemento ed utensili: Stephenson fa trasportare quei materiali nel luogo opportuno, in breve sorge un muro all'ingresso della galleria principale. Il fuoco così imprigionato, non solo non potè propagarsi nel resto della miniera, ma dovette spegnersi in breve per mancanza d'aria; gli operai sfuggirono alla morte imminente e la miniera fu salva.

Questo fatto eccitò viemaggiormente l'ardore di Stephenson nella ricerca da lui iniziata. Egli aveva già da qualche tempo incominciata una serie di esperienze intorno agli effetti del gas di miniera, esperienze pericolosissime alle quali nessuno osava prender parte. Un minatore che lo vide un giorno tenere una candela accesa in mezzo ad un getto di gas infiammabile, che usciva da una fenditura della miniera, lo supplicò di desistere da quell'audace esperienza; ma Stephenson rispose « che sperava che le sue ricerche avrebbero avuto per risultato di risparmiare molte morti immature. »

Nell'agosto del 1815 Stephenson aveva data una forma concreta alle sue idee; in base a queste fece costruire una lampada, l'impiego della quale doveva andare esente da ogni pericolo di scoppio. La lampada fu ultimata soltanto il 21 ottobre di quell'anno; l'inventore volle sperimentarla la stessa sera, invitò l'ispettore in capo di Killingworth, Niccolò Wool, ed il sotto ispettore Moodie a discendere in fondo alla miniera per assisterlo nella prima prova della sua invenzione. Scesero

nel pozzo e si diressero verso una delle gallerie più temute per l'abbondante quantità di gas che vi scaturiva; per rendere più eloquente l'esperienza, Stephenson volle barricare, con tavole di legno, quella parte della galleria nella quale il getto di gas era più abbondante. Attesero un'ora

Fig. 154. Lampada di sicurezza di Stephenson.

per lasciar tempo all'aria racchiusa di caricarsi d'una fortissima dose di gas; in capo a quell'ora, il sotto ispettore Moodie, che possedeva profonda esperienza intorno al gas di miniera, fu pregato da Stephenson di andare a riconoscere, ben in-

Fig. 155. Fig. 156.
Proprietà delle tele metalliche.

teso all'oscuro, lo stato dell'aria in quel tratto di galleria. Moodie riferì che quell'aria era talmente pregna di gas che introducendovi una fiamma di candela l'esplosione sarebbe stata inevitabile; ei fece presente a Stephenson il pericolo che correvano tanto gli sperimentatori quanto la miniera, se il gas pigliava fuoco. Ma Stephenson proclamò la piena fiducia nella sicurezza della sua lampada, ne accese il lucignolo, e tenendola in mano, si diresse coraggiosamente verso l'aria esplosiva. Gli altri due, più timidi e meno fiduciosi di Stephenson, non ardirono progredire oltre un certo punto, dal quale si udiva il sibilo prodotto dal getto di gas; anzi vinti dal timore indietreggiarono per portarsi in luogo sicuro ben lungi dalla lampada che andava gradatamente scomparendo, assieme a chi la portava, nella profondità della miniera. Quello fu un momento solenne: l'imminenza del pericolo avrebbe intimorito chiunque altro. Stephenson si inoltrò con passo fermo ponendo freddamente a repentaglio la sua esistenza pel nobile desiderio di tentar di salvarla a gran numero di operai e di-sarmare la morte in quelle fatali caverne. Quest'intrepido coraggio di Stephenson è da ammirarsi ben più di quello che nell'ardore del combattimento e nell'impeto collettivo d'una carica spinge il soldato ad affrontare la mitraglia nemica.

Giunto in mezzo all'aria inflammabile, l'intrepido Stephenson espose la sua lampada al getto di gas che usciva dai crepacci del carbone; la fiamma della lampada aumentò smisuratamente nei primi istanti, quindi si agitò e si spense spontaneamente senza dar luogo alla più lieve esplosione. Il nostro Giorgio ritornò verso i due compagni e riferì loro l'accaduto; il felice risultato li rese più animosi, ed essi seguirono Stephenson che rinnovò più volte l'esperienza sotto ai loro occhi. La lampada di sicurezza era trovata!

Fig. 157. Lampada di sicurezza di Davy.

Stephenson aveva riconosciuto sperimentalmente che la fiamma non passa attraverso a'tubi di piccolo diametro, ed in base a questo principio ei costruì la sua lampada di sicurezza, che dopo successive modificazioni, da lui ideate, assunse definitivamente (20 novembre 1815) la forma indicata dalla fig. 154.

Per uno strano capriccio della sorte, il merito di Stephenson, come inventore della lampada di sicurezza, gli fu a lungo contrastato. — L'argomento che da più anni stava a cuore del meccanico della miniera di Killingworth interessava egualmente tutti i proprietari di miniere; molti di questi nel corso del 1815, erano riuniti in consorzio per rintracciare le cause delle esplosioni e possibilmente prevenirle. Il consorzio ricorse, per consiglio ad uno dei luminari della scienza, all'illustre Onofrio (Humphry) Davy, [illegible] della chimica moderna, [illegible] visitò, il 24 agosto 1815, le miniere di [illegible]

ed il 9 novembre dello stesso anno, lesse alla Società Reale di Londra la celebre sua memoria « intorno al gas di miniera ed ai modi di rischiarare le miniere senza pericolo di esplosione. »

Davy, — che ignorava completamente le ricerche sperimentali istituite da Stephenson, — aveva riconosciuta una singolar proprietà delle reti metalliche: queste arrestano completamente la fiamma. Così, collocando orizzontalmente una fitta rete metallica T (fig. 155) al disopra d'una fiamma a gas B, la fiamma non attraversa la rete metallica, sebbene il gas combustibile attraversi realmente le maglie di quella rete; della qual cosa si può facilmente convincersi estinguendo il beccuccio e lasciando uscire liberamente il getto di gas. Presentando un zolfanello acceso al disopra della rete metallica, il gas si accende (fig. 156) e, finchè continua il getto di gas, la fiamma si mantiene al disopra della rete senza però attraversarla. In base a questo fenomeno, che fu completamente spiegato da Davy (1), quest'ultimo costrusse la lampada di sicurezza rappresentata dalla figura 157. Come si scorge, la lampada in discorso è circondata da una fitta rete metallica che si innalza dal serbatoio dell'olio e porta, alla cima, un coperchio, cui è applicato un anello; la rete metallica è fermamente congiunta tanto al serbatoio quanto al coperchio. L'aria penetra pei buchi della rete, sicchè la fiamma può ardere e il fumo esce pei buchi della parte superiore. Or se l'aria che penetra nella lampada contiene gas di miniera nelle proporzioni sovr'accennate, la mescolanza si accende immancabilmente non appena giunge a contatto della fiamma, ma l'incendio si *ferma alla rete;* il gas o piuttosto il miscuglio di aria e gas circondato dalla rete, si infiamma, senza produrre alcun danno, poichè il fuoco non può comunicarsi al gas che sta al di fuori della rete.

L'invenzione di Davy fu tosto apprezzata dai proprietari di miniere, molti dei quali si riunirono per offrire a quell'illustre scienziato un dono di duemila sterline (circa 50,000 franchi); l'oscuro operaio non fu completamente dimenticato, ei ricevette cento ghinee (2625 franchi) in premio delle ricerche da lui tentate pel nobile scopo. Questo premio non soddisfece nè il nostro Giorgio, nè i molti suoi amici che, pur riconoscendo tutto il merito dell'invenzione concepita dall'illustre Davy, ammettevano che non fosse minore il merito dell'operaio, che privo di cognizioni scientifiche, ed a rischio della vita, aveva contemporaneamente rinvenuta una soddisfacente soluzione dell'arduo problema. Gli amici di Stephenson convocarono una pubblica riunione (*meeting*) per deliberare intorno ad una ricompensa da accordargli per l'importante servigio ch'egli aveva reso all'umanità. Molti proprietari si affrettarono a concorrere alla sottoscrizione aperta in quella riunione. Le sottoscrizioni ammontarono a mille sterline. Una parte di questa somma fu impiegata dai promotori nell'acquisto d'una coppa d'argento, che fu presentata all'inventore unitamente alla somma residua, in un banchetto dato in suo onore, nella sala delle assemblee a Newcastle. Ma ancor più della coppa d'argento e della borsa carica d'oro, tornò gradito al nostro Giorgio il dono d'un oriuolo d'argento, frutto di piccole sottoscrizioni raccolte fra gli stessi operai della miniera; dono che gli fu presentato durante il banchetto da una deputazione di quegli operai, in segno di profonda gratitudine per la perseveranza e l'abilità con la quale aveva condotta a termine un'invenzione tanto importante dal punto di vista della vita umana. Ei ricordò sempre quel dono con orgoglio; lo considerava fra i più preziosi che avesse ricevuti.

XII.

Vantaggi economici della locomotiva impiegata a Killingworth dopo il 1815. — Indifferenza mostrata dal pubblico e sua cause. — Stephenson pensa di emigrare in America: trattenuto dai fondatori della ferrovia di Hetton, dirige importanti lavori. — Trionfo dei *cavalli di ferro*. — Stephenson invitato dai fondatori della ferrovia Stockton-Darlington ne dirige la costruzione. — Prima fabbrica di locomotive, fondata a Newcastle da Stephenson e C. — Prima ferrovia a locomotive aperta al pubblico.

La nuova locomotiva di Stephenson, da noi descritta nel decimo capitolo, funzionava, regolarmente tutti i giorni già da più anni sulla ferrovia della miniera di Killingworth, senza destare tuttavia quasi alcun interesse. E sì che non si trattava più d'un pazzo tentativo, ma di un fatto evidente, incontrastabile. L'esperienza prolungata per più anni aveva dimostrato che le locomotive di Stephenson funzionavano in modo più sicuro, sviluppavano maggior potenza, ed erano meno co-

(1) Ne parleremo diffusamente nel terzo volume, discorrendo dei *Mezzi di illuminazione*.

stose dei cavalli. Trascorsero otto lunghi anni prima che si costruisse un'altra ferrovia a locomotive.

Per renderci conto di questa singolare indifferenza per la più grande invenzione meccanica del secolo, convien riflettere che Stephenson non era in grado di chiamare efficacemente l'attenzione del pubblico sulla sua invenzione. Egli era pienamente convinto della somma utilità della locomotiva, aveva piena fiducia nel trionfo finale della medesima; ma fatalmente era quasi illetterato ed incapace di formulare chiaramente i suoi pensieri intorno a quest'importante argomento. La miniera di Killingworth è ben lontana da Londra, che è il centro della vita scientifica d'Inghilterra; nessun scienziato illustre, nessun scrittore di vaglia aveva visitata la ferrovia di Killingworth dal giorno in cui aveva incominciato a funzionarvi la nuova locomotiva di Stephenson che perciò rimase completamente sconosciuta. Sembra che persino i giornalisti delle vicinanze ne abbiano per lungo tempo ignorata l'esistenza. Aggiungi infine che la costruzione d'una ferrovia e delle necessarie locomotive richiedeva ingenti spese di primo impianto, alle quali ben pochi proprietari di miniere sarebbero stati in grado di far fronte.

Stephenson incominciava a scoraggiarsi e pensava già di emigrare negli Stati Uniti d'America, sperando di migliorarvi la sua posizione, quando, per buona sorte, nel 1819, i proprietari della miniera di carbon fossile di Hetton, nella contea di Durham, risolvettero di costruire una ferrovia a locomotive. Essi avevano esaminata la ferrovia di Killingworth e ne erano rimasti talmente soddisfatti, che vollero adottare lo stesso sistema. La bella fama meritevolmente acquistatasi dal nostro Giorgio nella direzione della miniera di Killingworth, indusse i proprietari della miniera di Hetton a rivolgersi all'antico operaio per invitarlo a progettare la nuova ferrovia ed a dirigerne i lavori. Stephenson accettò il difficile incarico.

Quella strada che doveva essere la ferrovia a locomotiva più lunga di quante erano state costrutte fino allora, percorreva il paese dalla miniera di Hetton fino al luogo di imbarco sul fiume Wear presso a Sunderland, per una lunghezza di circa otto miglia (circa 13 chilometri). La conformazione molto ondulata del suolo, attraversato dalla Warden Law, una delle più alte colline di quel territorio, non permetteva di costruire, senza rilevante dispendio, una ferrovia piana o con pendenze molto miti. Stephenson, che pur era profondamente entusiasta della locomotiva, sull'impiego della quale ei fondava i più lieti pronostici, non credette tuttavia opportuno di progettare la-

direttori della nuova ferrovia; e questi affidarono a Stephenson (nel 1823) l'incarico di progettaria e costruirla; lo nominarono ingegnere della compagnia, assegnandogli l'annuo stipendio di trecento sterline (circa 7500 franchi).

Stephenson pensò fin da principio a dotare la nuova ferrovia di buone locomotive; ei riconosceva che le locomotive costrutte dai poco abili meccanici che si avevano nelle vicine miniere di carbon fossile, erano assai lontane da quella perfezione che era pur necessaria per assicurare il pieno trionfo della locomotiva; riconobbe quindi l'opportunità di fondare un apposito stabilimento meccanico per la costruzione di queste macchine ingegnose. Il nostro Giorgio possedeva già un piccolo capitale; le mille sterline ottenute dalla sottoscrizione aperta fra i proprietari di miniare, nell'occasione della sua invenzione della lampada di sicurezza, erano tuttora intatte. Egli nutriva piena fiducia nell'avvanire della locomotiva e presagiva che i denari impiegati nell'erezione di quello stabilimento meccanico avrebbero dati frutti assai generosi; ma ritenendo necessario un capitale maggiore, non credeva possibile avventurarsi da solo in quell'impresa; comunicò queste sue idee al ricco Pease, e questi, fidando nell'ingegno e nella moralità dell'antico operaio, pose a sua disposizione mille sterline.

Nell'agosto del 1823 Stephenson acquistò un terreno presso a Newcastle, vi eresse una piccola officina, che fu il nucleo dell'immenso stabilimento, ancor esistente, dal quale uscirono le prime locomotive che abbiano funzionato, non solo in Inghilterro e sul continente europeo, ma benanco in Africa ed in America.

L'erezione di quest'officina non faceva dimenticare a Stephenson i doveri che gli derivavano dall'incarico affidatogli; la costruzione della ferrovia da Stockton a Darlington progrediva celeremente sotto l'abile direzione del nostro Giorgio. Il suo amico e compagno Giovanni Dixon, che fu poi uno dei più distinti ingegneri del Regno Unito, racconta il seguente fatto: un giorno, dopo aver percorso, in compagnia di Giorgio e di Roberto, un lungo tratto di quella ferrovia, per ispezionarvi i lavori in corso di costruzione, andarono a rifocillarsi in una piccola taverna, lungo la strada. Dopo un pasto frugale Giorgio rivolse queste parola ai suoi due compagni:

« Miei giovani amici, permettetemi ch'io vi esprima una mia profonda convinzione: voi vivrete abbastanza per veder sorgere un giorno nel quale tutti i mezzi di trasporto ora in uso in questo paese saranno detronizzati dalla strada ferrata; i dispacci postali saranno trasportati dalla forza del vapore, le strade ferrate serviranno egualmente tanto il re quanto l'infimo dei suoi sudditi. Non è lontano il giorno in cui l'operaio spenderà meno viaggiando in strada ferrata che viaggiando a piedi. So bene che si incontreranno grandi e quasi insuperabili difficoltà; ma ciò che io vi dico dovrà verificarsi come è vero che noi siamo qui. Vorrei poter viver tanto da vedere lo stesso quel giorno fortunato, ma non oso sperarlo: conosco per esperienza quanto sieno lenti gli uomini ad avviarsi col progresso; io so quanti ostacoli dovetti superare per far adottare la locomotiva che pur diede ottimi risultati a Killingworth per ben dieci anni. »

La profezia di Giorgio fu splendidamente confermata dai fatti, ed egli stesso potè godere del trionfo delle sue idee.

Fig. 158. Locomotiva N. 1 della ferrovia Strockton-Darlington (1825).

La ferrovia da Stockton a Darlington fu inaugurata il 27 settembre 1825. Con gran meraviglia di tutti, una locomotiva, uscita dall'officina di Newcastle, rimorchiò con la velocità di 6 miglia (circa 10 chilom.) all'ora un enorme convoglio composto di 37 carri ripieni di carbone, ed una vettura riservata ai direttori della compagnia ed a qualche invitato.

Da quel giorno in poi la ferrovia prese a funzionare regolarmente con esito di gran lunga superiore alle più ardite speranze dei fondatori.

Lo scopo principale che essi avevano avuto in mira, era quello di favorire particolarmente i trasporti di carbon fossile, ma in breve la ferrovia fu percorsa non solo da convogli carichi di merci d'ogni genere, ma benanco da apposite carrozze destinate al trasporto di passaggeri; da principio queste erano esclusivamente rimorchiate da

cavalli, ma a poco a poco si rinunciò ai cavalli, e la ferrovia fu percorsa soltanto da locomotive.

Le tre locomotive appositamente costrutte nell'officina di Stephenson pel servizio di questa ferrovia furono in breve insufficienti, fu mestieri costruirne delle altre. La velocità di queste macchine, che in oggi si direbbe mediocre, era straordinaria per quei tempi. La macchina N. 1 era ancora in buono stato nel 1846; in quell'anno essa fece un viaggio con la velocità di 14 miglia (circa 22 chilometri e mezzo) all'ora. Questa locomotiva, che fu la prima a circolare sopra una ferrovia aperta al pubblico, è stata recentemente collocata come monumento storico sopra un piedestallo di fronte alla stazione ferroviaria di Darlington.

L'esperienza suggerì gradatamente parecchie modificazioni nell'esercizio di quella ferrovia: i promotori non avevano, a prima giunta, misurata tutta l'importanza del lavoro eseguito; nessuno di essi credeva d'aver posto le fondamenta d'un sistema che doveva in breve produrre una rivoluzione completa nei mezzi di comunicazione di tutti i paesi, un sistema che doveva spandere fra poco immensi beneficii sull'intero genere umano.

È bene notare che l'esito favorevole dell'apertura della ferrovia Darlington-Stockton ebbe grandissima influenza nel successivo e rapido sviluppo delle comunicazioni ferroviarie. Quella ferrovia che presentava immensi beneficii agli abitanti del paese, che apriva ampio sfogo ai carboni fossili di quel territorio, diede pure dividendi assai lauti ai capitalisti che avevano coraggiosamente arrischiate ingenti somme (1) nell'esecuzione di quell'opera. Questi brillanti risultati finanziarii contribuirono non poco a stimolare i capitalisti ad iniziare in più luoghi consimili imprese.

XIII.

Il commercio di Liverpool e l'industria di Manchester. — Insufficienza dei mezzi di trasporto fra queste due città — Velocità massima che si credeva poter adottare senza pericoli. — Un art'colo della *Quarterly Review*. — Stephenson alla Camera dei Comuni. — Tenacità di propositi dei promotori della ferrovia Liverpool-Manchester. — Abilità tecnica ed amministrativa di Stephenson.

I brillanti risultati forniti dalla ferrovia Stockton-*Darlington* furono di gran lunga superati sopra un'altra linea ferroviaria inglese, l'apertura della quale segna un importantissimo progresso nell'industria delle strade ferrate, vogliam parlare della ferrovia Liverpool-Manchester.

Liverpool, situato sul fiume Mersey, presso alla sua foce nel mar d'Irlanda, è il porto inglese in cui approda il massimo numero di navi che fanno il commercio fra il Nuovo Mondo e l'Inghilterra; Manchester è la città eminentemente manifatturiera che annualmente fabbrica straordinaria quantità di filati e tessuti con le materie gregge provenienti dall'America sbarcate a Liverpool. Per tal motivo, i trasporti di merci fra queste due città hanno un'importanza del tutto eccezionale. Lo stato imperfetto delle strade aveva suggerita, intorno al 1770, la costruzione d'un canale navigabile mercè il quale i trasporti poterono effettuarsi ben più economicamente che per terra. In capo a cinquant'anni, intorno al 1821, lo sviluppo ognor crescente del commercio e dell'industria inglese, in gran parte dovuto alla macchina di Watt, fecero riconoscere l'insufficienza di quel mezzo di trasporto. Si diedero frequenti esempi di intieri carichi di cotone che dovettero rimanere depositati a Liverpool per più settimane, prima di poter progredire verso Manchester; ci voleva più tempo a trasportar quella merce da Liverpool a Manchester che a farle attraversare l'Atlantico trasportandola dagli Stati Uniti in Inghilterra. Nei rigidi inverni le acque gelando in quei canali, i trasporti dovevano necessariamente interrompersi, gli opifici rimanevano inoperosi per mancanza di materia greggia, i fabbricatori dovevano tenere per più mesi in deposito le loro manifatture per l'impossibilità di inviarle al gran mercato di Liverpool. Aggiungi infine che i proprietarii del canale, non avendo a temere la concorrenza di altri mezzi

(1) La ferrovia Darlington-Stockton, della lunghezza complessiva di 61 chilometri, costò in media 430,000 franchi al chilometro.

I trasporti di merci da Darlington a Stockton subirono fin dai primi anni una rapidissima progressione, come si scorge dal seguente quadro:

nel 1826	si trasportarono	101,500 tonnellate
1827	»	141,647 »
1828	»	130,031 »
1829	»	171,840 »
1830	»	288,714 »
1831	»	450,100 »
1832	»	507,152 »

di trasporto, innalzavano continuamente le loro tariffe. Per rimediare a questo male, il governo autorizzava altre compagnie, e queste aprirono nuovi canali; tuttavia il male non fu scongiurato; il comune interesse collegò i vecchi coi nuovi proprietarii di canali ed il commercio dovette sopportare il peso delle esagerate pretese degli avidi possessori di canali. — Questo stato di cose non poteva durare.

Un ricco negoziante di Liverpool, Sandars, fu il primo a concepire nel 1821 il progetto di congiungere quelle due città con una ferrovia. Esternata la sua idea ai suoi amici, questi si costituirono in comitato per provvedere all'attuazione del loro programma. Questo comitato affidò all'ingegnere James lo studio di quella linea ferroviaria; costui non corrispose alle aspettative dei promotori, gli studi affidati a James procedettero tanto lentamente, che nel 1824 Sandars dovette sollevarlo da quell'incarico e rintracciare un ingegnere più laborioso. Il nome di Stephenson era ormai favorevolmente conosciuto da molti uomini d'affari inglesi. Sandars volle conoscerlo personalmente, si recò a Killingworth ed ebbe una lunga conferenza col nostro Giorgio; l'uomo d'affari riconobbe ed apprezzò tosto i talenti dell'antico operaio, l'energia da questi spiegata nell'esecuzione della ferrovia da Stockton a Darlington, che — in quell'epoca — era quasi ultimata; il suo coraggio in faccia alle difficoltà, il suo entusiasmo per le ferrovie e la locomotiva lo additarono a Sandars come l'uomo realmente capace di dare un potente impulso al progettato lavoro. Il comitato, udito il voto di Sandars, nominò Giorgio Stephenson, ingegnere della nuova ferrovia.

Il comitato pubblicò allora un manifesto, che porta la data del 29 ottobre 1824, col quale invitava, senza alcuna enfasi, i commercianti ed i capitalisti a concorrere, con sottoscrizioni, alla costruzione di quella ferrovia destinata a stabilire un mezzo di trasporto sicuro e poco costoso, grazie al quale le merci che allora impiegavano trentasei ore a compiere il tragitto fra le due città, sarebbero state trasportate in cinque o sei ore soltanto, con l'economia di un terzo nella spesa. Il capitale necessario fu in breve coperto; subito dopo incominciarono gli studii.

Quando i proprietari dei canali navigabili che univano Liverpool a Manchester furono persuasi che la progettata ferrovia poteva realmente essere condotta a buon termine, cercarono tutti i modi per impedire l'effettuazione del progetto: pubblicarono libelli, stipendiarono giornali per rendere a tutti odiose le strade ferrate. Furono scritte, lette e commentate certe cose che in oggi desterebbero il riso. Le ferrovie dovevano impedire alle mandre di pascolare ed alle galline di depor le uova; l'aria appestata dal soffio delle locomotive avrebbe fatti morire gli uccelli e compromesso seriamente tutto il selvaggiume. Le case situate presso alla strada ferrata sarebbero abbruciate dal fuoco lanciato dalle locomotive. I cavalli subirebbero un notevole deprezzamento, e coll'estendersi delle ferrovie, il fieno e l'avena non troverebbero acquirenti; tutti gli albergatori sarebbero ridotti alla miseria, e gli audaci viaggiatori che osassero viaggiare in ferrovia, verrebbero stritolati dalle inevitabili esplosioni delle locomotive.

Stephenson aveva asserito che la locomotiva convenientemente impiegata sulle ferrovie, avrebbe permesso di viaggiare con velocità doppia di quella della più rapida carrozza di posta: quest'asserzione non fu creduta da alcuno, fu dichiarata *completamente assurda* (1) da tutti gli ingegneri inglesi. — Una rispettabilissima *Rivista* inglese, la « QUARTERLY, » pubblicò nel 1825 un importante articolo nel quale, pur dichiarandosi favorevole alla progettata ferrovia da Liverpool a Manchester, e pur dimostrando la necessità assoluta d'una ferrovia che rendesse possibile il viaggio « *in un sol giorno* » dall'una all'altra di quelle due città, sia mediante i cavalli, sia con locomotive, combatteva apertamente l'idea di viaggiare con velocità superiore alle 9 miglia (circa 14 chilometri e mezzo). « Chi potrebbe trovare un assurdo più manifesto, « una pretesa più ridicola di quella di viaggiare « con locomotive, con velocità doppia delle dili- « genze? Tanto sarebbe viaggiare sopra una bomba! « — Vogliamo sperare che il Parlamento non ap-

(1) Come riscontro a questa dichiarazione, ci piace riferire alcuni dati, relativi al 1830, forniti dal PERDONNET nell'introduzione al suo *Traité Élémentaire des Chemins de fer, Paris* 1865.

Nella buona stagione, viaggiando dall'alba a notte chiusa, con un solo riposo in mezzo alla giornata, i *vetturini* percorrevano circa 40 chilometri al giorno. Si poteva quindi andare da Torino a Venezia (supponendo già costrutto il gran ponte sulla laguna) in circa undici giorni, viaggio di 435 chilometri che in oggi, grazie alla ferrovia, si compie in 10 ore e 20 minuti.

Le *diligenze* viaggiavano di solito con la velocità di 8 chilometri all'ora; nelle città poste ai due estremi della strada battuta dalle diligenze, bastava garantirsi il posto tre settimane prima della partenza; nelle città intermedie bisognava rassegnarsi a partire quando si trovava posto.

Le *carrozze di posta*, più costose, ma anche più comode delle diligenze, percorrevano 14 e persino 16 chilometri all'ora; ma per garantirsi il posto bisognava pensarci un mese o sei settimane prima; beninteso che questo modo di viaggiare era un privilegio dei ricchi, i quali tuttavia correvano il rischio di non trovar cavalli di ricambio nelle stazioni intermedie e di dover perder tempo aspettandoli.

Al presente i convogli *express* inglesi viaggiano con la velocità massima di 80 chilometri all'ora.

« proverà alcuna domanda di ferrovie senza prescrivere nel tempo stesso che la velocità di *nove miglia all'ora*, — la massima che si possa adottare senza pericoli, — non debba essere giammai superata. »

Ad onta dell'opposizione che da tutti si muoveva alle idee di Stephenson, questi continuava senza indugio gli studii a lui affidati; non appena questi furono ultimati, il comitato chiese al Parlamento la concessione dell'ambita ferrovia. Il Parlamento mostrossi poco propizio; tuttavia, nominò una Commissione d'inchiesta. Stephenson fu chiamato a fornire i necessarii schiarimenti; ei ben sapeva che tutta l'opposizione si sarebbe scatenata contro di lui e che distruggendo le asserzioni di quel *visionario*, i proprietari dei canali avrebbero continuato a godere del monopolio, chi sa per quanti anni ancora. Sebbene ei fosse poco fiducioso nell'esito della causa, pure non esitò punto, e si presentò alla Commissione della Camera dei Comuni il 25 aprile 1825. « Appena fui seduto, — così si espresse Stephenson di lì a molti anni, — dovetti disperare della vittoria, le parole mi mancavano, non ero in grado di rispondere come avrei pur desiderato. Fui interrogato in contraddittorio da otto o dieci avvocati che si erano prefisso uno scopo solo: intimidirmi e sconcertarmi. Uno dei membri della Commissione mi chiese se fossi straniero; un altro dichiarò ch'io ero pazzo. Sopportai tutto stoicamente, e continuai ad esporre i miei progetti con la ferma intenzione di non lasciarmi abbattere. »

L'[illegible]tico operaio doveva lottare con oppositori troppo numerosi ed eloquenti: parecchi ingegneri di grido dichiararono alla Commissione che Stephenson si era applicato ad un soggetto a lui completamente ignoto, nello studio del quale ei non poteva introdurre alcun elemento scientifico. Quei signori asserivano che un colpo di vento un po' forte avrebbe resa *impossibile* la partenza della locomotiva, avrebbe arrestata anche una locomotiva già in viaggio; le ruote avrebbero girato sopra sè stesse senza progredire: — con questi e simiglianti argomenti, dopo una lotta durata due mesi, la domanda di concessione fu respinta.

L'avvenire delle ferrovie sembrava seriamente compromesso; tuttavia la crisi non tardò molto a manifestarsi.

I promotori della progettata ferrovia non si scoraggiarono. Anche a costo di rinunciare ai benefici della locomotiva, limitandosi a servirsi dei cavalli, i promotori volevano assolutamente costruire quella strada ferrata, essi riconobbero l'opportunità di mettere l'affare nelle mani di ingegneri di gran nome: scelsero all'uopo Rennie e Vignolles. Questi rinnovarono gli studii e stabilirono definitivamente una linea un po' diversa da quella progettata da Stephenson. Ebbero l'avvertenza di tenersi lontani dai parchi dei grandi signori, per non dare appiglio all'opposizione dei proprietari più influenti. Compiuto questo nuovo progetto, i promotori lo presentarono al Parlamento, dichiarando « che avrebbero fatto uso della locomotiva nel solo caso in cui il Parlamento non la credesse pericolosa, pronti ad assoggettarsi a tutte le restrizioni che il Parlamento credesse di imporre per la protezione delle proprietà esistenti lungo la ferrovia, nonchè del pubblico in generale. »

La chiesta concessione fu finalmente accordata; essa costò ai promotori l'ingente somma di 675 mila franchi.

I promotori proposero a Stephenson di affidargli la direzione dei lavori assegnandogli l'annuo stipendio di mille sterlini (circa 25,000 franchi). Stephenson accettò di buon grado l'arduo incarico. In questo nuovo campo d'azione ei mostrò una singolare attitudine a ben organizzare i grandi lavori di *sterro* e di *riporto*, nei quali erano occupati migliaia d'operai. In quell'epoca l'industria ferroviaria non era ancor nata, non c'erano, come al presente, grandi imprenditori forniti dei necessarii materiali, capaci di eseguire in breve spazio di tempo considerevoli movimenti di terra. Stephenson dovette inventare attrezzi appropriati, istruire gli operai: ei creò, si può ben dirlo, l'industria ferroviaria. Le difficoltà non mancavano nella ferrovia da Liverpool a Manchester; ma Stephenson con la sua abilità e con la straordinaria sua perseveranza riescì a superarle tutte vittoriosamente.

Sebbene i lavori della linea Liverpool-Manchester (lunga 50 chilometri) sieno di carattere meno imponente di quelli di molte altre ferrovie costrutte in appresso, pure a quel tempo sembravano a tutti meravigliosi. L'Inghilterra non aveva mai vedute opere sì colossali. Per uscire da Liverpool, si dovette perforare la collina, — sulla quale ergonsi le case ad anfiteatro, — con una galleria lunga 2010 metri; di lì a poco la ferrovia attraversa il monte Olivo con una trincea lunga tre chilometri, tagliata a picco nella roccia, con una profondità che raggiunge persino i 24 metri; più avanti s'incontra la profonda palude di Chat, che non reggeva neppure il peso degli ingegneri che fecero gli studii della linea; le persone più competenti avevano dichiarato in pieno Parlamento, che l'attraversare quella palude era cosa impossibile; ma Giorgio seppe opportunamente consolidare quel mobile terreno e trionfare di tutti gli ostacoli

XIV.

LA PRIMA STRADA FERRATA.

Indecisione intorno al sistema di trazione da adottarsi sulla ferrovia Liverpool-Manchester. — Proposte di Stephenson. — Il concorso delle locomotive nell'ottobre 1829. — La *caldaia tubulare*; il francese Marco Seguin; l'inglese Enrico Booth. — Torneo industriale, trionfo della locomotiva *the Rocket* presentata da Giorgio e Roberto Stephenson. — Inaugurazione della ferrovia Liverpool-Manchester. — Splendidi risultati finanziarii. — Benefica influenza delle ferrovie.

Nel 1829 i lavori di costruzione erano quasi ultimati; tuttavia — strano a dirsi — i direttori non avevano ancora fissata la scelta intorno al sistema di trazione che si avrebbe dovuto adottare per effettuare il trasporto dei convogli. Gli uni propugnavano la trazione a cavalli, gli altri

Fig. 159. La gara delle locomotive a Liverpool nell'ottobre 1829.

sostenevano la convenienza delle macchine a vapore fisse, stabilite nelle singole stazioni intermedie lungo tutta la ferrovia; queste macchine avrebbero teso delle funi, mercè le quali i convogli sarebbero stati rimorchiati da una stazione alla stazione successiva. Un uomo solo, Giorgio Stephenson, mostrava la massima fiducia nell'impiego della locomotiva; ei sostenne con l'abituale sua tenacità che la locomotiva era il mezzo di trazione più economico e più rapido di qualsiasi altro; la locomotiva, concludeva Stephenson, subirebbe certo notevoli perfezionamenti, qualora i meccanici e gl'inventori trovassero qualche incoraggiamento. Finalmente, cedendo all'insistenza ed all'eloquenza di Stephenson, i direttori risolvettero di aprire un concorso a cui chiamarono gli ingegneri di tutti i paesi: un premio di 500 sterline (circa 12,500 franchi) fu destinato a colui che avrebbe presentata, nel giorno 1.° ottobre 1829, una locomotiva pesante tutt'al più sei tonnellate, capace di rimorchiare un convoglio del peso di venti tonnellate (comprendendovi il carro di scorta — *tender* — ripieno d'acqua e combustibile) colla velocità di 10 miglia (circa 16 chilometri) all'ora. Il prezzo di costo della locomotiva non doveva superare le 550 sterline (circa 13,750 franchi).

Giorgio Stephenson si mise all'opera aiutato da suo figlio Roberto; entrambi riconobbero che il principale ostacolo che conveniva superare si era quello derivante dalla troppo scarsa produzione di vapore che si poteva avere con le caldaie a vapore, usate fino allora; sperimentarono un nuovo sistema di caldaie, munite di molti tubi metallici di piccolo diametro, che riempivansi di acqua e trovavansi in comunicazione col corpo principale dalla caldaia. Con tale disposizione aumentava è vero la superficie vaporizzante (ossia la superficie metallica da una parte bagnata dall'acqua e dall'altra investita dalla fiamma), aumentava perciò la produzione del vapore, ma le incrostazioni terrose ostruivano in breve quei tubi e li rendevano inservibili. — Un ingegnere francese, Marco Seguin, il costruttore d'una fra le prime ferrovie francesi (da Lione a Santo Stefano) aveva avuta la felice idea di invertire la disposizione poc'anzi accennata: in luogo di riempir d'acqua i piccoli tubi metallici e farne lambire le pareti dalla fiamma, ei dispose più tubi orizzontali da un capo all'altro della

Fig. 160. Locomotiva, detta il Razzo (the Rocket), presentata da Stephenson al concorso di Liverpool (ottobre 1829).

caldaia a vapore e fece penetrare in quei tubi la fiamma e l'aria riscaldata: questo sistema di *caldaia tubulare* offriva tutti i vantaggi ed era privo degli inconvenienti dell'altro.

Enrico Booth, segretario della Società costruttrice della ferrovia Liverpool-Manchester, senza punto conoscere l'invenzione di Seguin, concepì anch'egli la stessa idea e la comunicò a Stephenson; questi, riconoscendone l'immensa importanza, pose tosto mano nella sua officina di Newcastle alla costruzione d'una locomotiva a caldaia tubulare. Questa locomotiva, che fu detta *the Rocket* (il razzo), ricevette parecchi perfezionamenti di minore importanza e fu pronta ad entrare in lizza nel giorno prestabilito.

Altre quattro locomotive furono presentate a quel memorando torneo industriale:

La Novità di Braithwait ed Ericsson;
L'Impareggiabile di Hackworth;
La Perseveranza di Burstall;
La Ciclopede di Brandreth.

I commissari scelsero un tratto di ferrovia perfettamente orizzontale nella pianura di Rainhill, lungo circa due miglia, e stabilirono le condizioni seguenti:

Al principio dell'esperienza si prenderà nota del peso d'ogni singola locomotiva, compresovi il carico d'acqua; il carico da trascinare sarà triplo di quel peso. L'acqua contenuta nella caldaia sarà fredda; si terrà nota della quantità d'acqua e di combustibile richiesta da ciascheduno dei concorrenti per ogni singolo viaggio. La macchina verrà trascinata a braccia sino al punto di partenza; ma dovrà partire non appena il vapore avrà acqui-

stata la tensione di cinquanta libbre per pollice quadrato. La locomotiva dovrà compiere dieci volte il viaggio di andata e ritorno sul tratto di strada prestabilito; a ciascuna delle due estremità di quel tratto di strada vi sarà un giudice che segnerà, con la massima esattezza, il momento del passaggio della locomotiva.

Prima ad entrare nell'arena fu la *Rocket*. Questa macchina adempieva a tutte le condizioni del programma; era montata su quattro ruote e pesava quattro tonnellate e cinque quintali (4316 chilogrammi). La caldaia cilindrica lunga 1.m 83, del diametro di 1.m02, era attraversata (nel senso della lunghezza) da 25 tubi cilindrici di rame, del diametro di 0.m075, attraverso i quali passavano la fiamma e l'aria calda per andarsi a scaricare nel fumaiuolo cilindrico, avente 0.m30 di diametro. La nostra fig. 161 rappresenta una sezione della caldaia della *Rocket*.

Fig. 161. Sezione trasversale della caldaia della *Rocket*.

La fig. 160 poi mostra l'intera locomotiva seguita dal *tender* o carro di scorta.

M N è il fornello alto 1.m 00 largo 0.m 70: il H sono due valvole di sicurezza, A il cilindro a vapore, disposto obliquamente, affinchè la biella B (articolata da una parte all' estremità dell' asta dello stantuffo e dall' altra ad una manovella applicata sull' asse delle due ruote anteriori) possa imprimere all' asse un movimento continuo di rotazione; un altro stantuffo collocato sull' altro fianco della macchina (e perciò invisibile nella nostra figura) imprime analogo movimento, — del pari mercè una biella ed una manovella, — allo stesso asse. Il *carro di scorta* contiene in C l'acqua ed in E il combustibile, per l'alimentazione della caldaia e del fornello; una pompa mossa dalla stessa macchina attinge l'acqua dal serbatoio C e la introduce nella caldaia

Nella prima corsa di prova (6 ottobre la *Rocket* eseguì dieci volte l'andata ed altrettante il ritorno fra i due estremi prestabiliti; percorse in tal guisa una distanza di trentacinque miglia, in tre ore e dieci minuti, il che corrisponde ad una velocità media superiore alle undici miglia (chilometri 17,70) all'ora, rimorchiando un convoglio pesante circa tredici tonnellate (13,195 chilogr.). Impiegò sedici minuti a rifornirsi d'acqua e combustibile, poi percorse nuovamente la suddetta distanza in sole due ore e cinquantadue minuti; viaggiò quindi con la velocità media di circa dodici miglia (chilometri 19,31) all'ora, rimorchiando ancora lo stesso convoglio di prima. La velocità massima durante questo secondo viaggio fu di ventiquattro miglia all'ora (chilometri 38, 62).

All'indomani doveva entrare in lizza la *Novità* ma alcuni guasti manifestatisi nella caldaia obbligarono il costruttore a chiedere una proroga di due o tre giorni per riparare alla meglio quella caldaia. Il numeroso pubblico che erasi affollato sul terreno per assistere a quell'interessante concorso, mostrossi, con urli e schiamazzi, molto scontento di questo improvviso ritardo: per calmare gl' impazienti, Stephenson ricomparve colla sua *Rocket*, attaccò ad essa una vettura, nella quale presero posto trenta invitati, e la rimorchiò con la velocità di ventiquattro miglia (chilometri 38, 62) all'ora; per ultimo si sbarazzò tanto di quella carrozza quanto del tender, e con la macchina sciolta percorse sette miglia (chilometri 11,26) in soli quattordici minuti, il che corrisponde alla velocità di trenta miglia (chilometri 48,28) all'ora.

L'*Impareggiabile* comparve nell'arena il 13 ottobre: questa locomotiva era portata da quattro ruote soltanto e pesava quattro tonnellate, otto quintali e mezzo (chilogr. 4491), rimorchiò un peso triplo, percorrendo in media quattordici miglia (chilom. 22,53) all'ora; ma dopo due ore di viaggio la pompa d'alimentazione della caldaia non fu più in grado di funzionare; convenne troncar l'esperienza.

Il 14 ottobre la *Novità*, completamente riparata, entrò nell'agone. Questa locomotiva non era seguita da *tender:* essa portava direttamente la necessaria provvista d'acqua e combustibile. La *Novità* colla caldaia piena d'acqua pesava due tonnellate e diciasette quintali (chilogrammi 2893); essa rimorchiò il carico prestabilito viaggiando con la velocità media di dodici miglia (chilometri 19,31) all'ora, e raggiunse persino la velocità di ventun miglia (chilom. 33, 80). Liberata dal carico essa si spinse innanzi a tutto vapore e viaggiò per alcuni minuti con la velocità di trentadue miglia, chilom. 51,50) all'ora; ma sul più bello convenne sospendere l'esperienza poichè la caldaia presentava larghe fughe di vapore e perdeva acqua; i costruttori Braithwait ed Ericsson si ritirarono dal concorso.

Il costruttore della *Perseveranza*, che, a quanto sembra, non aveva molta fiducia nella sua macchina, si ritirò dal concorso senza neppur metterla alla prova.

La *Ciclopede* non fu ammessa al concorso, poichè non rispondeva alle condizioni del programma; essa non era mossa dal vapore, ma da un cavallo che, rinchiuso in una gabbia di forma speciale, doveva con le sue zampe mettere in movimento le ruote della *Ciclopede*, analogamente allo scoiattolo che muovendosi nella sua gabbia la fa girare.

Dopo maturo consiglio i giudici dichiararono meritevole del premio la macchina di Stephenson, la *Rocket*, che sola rispondeva completamente alle esigenze del programma.

Il brillante risultato delle esperienze testè descritte ridusse al silenzio i numerosi oppositori; nessuno ardì sostenere ulteriormente nè la trazione a cavalli, nè quella con funi e macchine fisse: i direttori della ferrovia Liverpool-Manchester decretarono all'unanimità la definitiva adozione della locomotiva. L'importanza di questa decisione fu tosto compresa nel mondo bancario; le azioni di quella ferrovia aumentarono da un giorno all'altro del dieci per cento, in vista dei lauti beneficii che già si presagivano, grazie all'adozione di quel rapidissimo mezzo di trasporto, che superava di gran lunga le più ardite speranze.

Stephenson fu festeggiato da tutti; i suoi più tenaci oppositori, persino quelli che lo avevano schernito e denigrato, si affrettarono ad esaltarne l'abilità e l'infaticabile perseveranza; tutti si proclamarono suoi amici. La vittoria era stata difficile e contrastata; ma non poteva riescire nè più soddisfacente nè più completa.

L'intera linea da Liverpool a Manchester potè essere percorsa per la prima volta dalla locomotiva il 14 giugno 1830. La solenne inaugurazione ebbe luogo il 15 del successivo settembre; all'indomani la ferrovia veniva finalmente aperta in servizio del pubblico. I risultati finanziari superarono le più ardite previsioni; i promotori avevano quasi esclusivamente basati i loro calcoli sul trasporto delle merci, ed in particolare del cotone, del carbon fossile e del legname da costruzione; calcolavano quasi per nulla il trasporto dei viaggiatori. All'incontro gli incassi derivanti dal trasporto dei viaggiatori superarono di gran lunga quelli ottenuti col trasporto delle merci. Prima dell'apertura della ferrovia il numero dei viaggiatori fra Liverpool e Manchester era in media di cinquecento al giorno; appena aperta la ferrovia questo numero divenne triplo. — Il trasporto delle merci non subì l'egual progressione, poichè i proprietari dei canali, stimolati dalla concorrenza, abbassarono le loro tariffe ed aumentarono la rapidità dei trasporti. Il canale presentava un sensibile vantaggio ai negozianti, poichè esso si interna nella città tanto a Liverpool quanto a Manchester e giunge fino alle porte di molti magazzini; il che permette di economizzare le spese di trasporto in città.

Ciò nonpertanto i quotidiani trasporti di merci sulla nuova ferrovia raggiunsero in breve il migliaio di tonnellate. Due anni dopo l'apertura, le azioni di quella ferrovia diedero il dieci per cento di dividendo ed il loro prezzo era aumentato del centoventi per cento. L'Europa vedeva inaugurarsi splendidamente l'èra finanziaria delle strade ferrate; fatalmente però questo splendore fu di corta durata.

L'apertura della ferrovia fra Liverpool e Manchester segna un avvenimento memorabile nei fasti della civiltà moderna, chè da allora si videro improvvisamente trasformate le precedenti relazioni fra lo spazio ed il tempo. — Nel giro di pochi anni, l'opinione pubblica, in tutti i paesi civili, si pronunciò favorevole alle ferrovie. Ormai non vi ha città d'Europa che non sia congiunta, o non aspiri ad esserlo al più presto, con una linea ferroviaria. Ormai tutti sanno che un paese, per quanto remoto, purchè dotato d'un tronco di ferrovia che lo metta in comunicazione immediata con la vasta rete ferroviaria che ricopre tutto il mondo civile, sente al pari d'ogni altro i benefici influssi della moderna civiltà: la ferrovia è il veicolo del progresso e dei lumi. Al fischio della vaporiera si dileguano gl'inveterati e dannosi pregiudizi, l'ignoranza cede il posto al sapere. Le vecchie gare di campanile scompaiono, le città si trasformano migliorandosi, si abbelliscono, diventano più salubri; sorgono scuole od opifici. Si perfezionano le vecchie strade e se ne aprono di nuove. L'agricoltore ritira agevolmente e con mite spesa le materie fertilizzanti e poi smercia e trasporta senza difficoltà, anche in lontani paesi, i prodotti del suolo divenuti più abbondanti, mercè la saggia applicazione delle dottrine scientifiche. Le desolanti carestie divengono impossibili, giacchè l'eccedenza dei prodotti d'un paese va a colmare l'eccezionale deficienza d'un altro. L'industriale si procura con sensibile risparmio di spesa le materie gregge necessarie alla sua industria, allarga il suo mercato e spedisce nelle più remote contrade il prodotto dei suoi opifici. L'uomo comprende che non deve, come l'ostrica, vivere e morire sullo scoglio che lo vide nascere; approfitta delle facili comunicazioni, si allontana dal suo campanile, impara a meglio conoscere e ad apprezzare i suoi simili; apre gli occhi e dove i suoi avi incontravano accaniti nemici, trova un amico che gli stende la mano; comprende che l'esser nato sulla sponda destra anzichè sulla sponda sinistra d'un fiume

o d'un braccio di mare, sul versante settentrionale, anzichè sul versante meridionale d'un monte, non gli dà alcun ragionevole motivo per odiare, nè alcnn diritto di calpestare il suo simile. Lo sprezzo tradizionale cede il posto al rispetto, alla stima. Le idee si scambiano, i popoli si affratellano, i vincoli internazionali divengono ognora più intimi ed il filantropo vede con gioia avvicinarsi il gran giorno in cui le guerre saranno impossibili.

XV.

Sviluppo delle ferrovie in Inghilterra; attività individuale degli Inglesi. — Le *azioni* di strade ferrate alla Borsa di Londra; l'aggiotaggio. — Nobile contegno di Giorgio Stephenson, suoi viaggi in Belgio ed in Spagna. — Ultimi anni dell'antico operaio diventato milionario; sua morte. — La statua di Giorgio sulla pubblica piazza di Newcastle. — Luminosa carriera di Roberto Stephenson. — Ponti tubulari: il ponte di Conway ed il ponte Britannia.

Il popolo inglese, che ha per motto *time is money* (il tempo è denaro), apprezzò tosto il nuovo e rapidissimo mezzo di comunicazione, ne riconobbe tutta l'importanza; nel 1832 veniva collocata la prima pietra della strada da Londra a Birmingham, la direzione della quale fu affidata a Giorgio Stephenson. Nel 1834 all'adunanza di Tamworth il ministro Roberto Peel pronunciava queste rimarchevoli parole: « Affrettiamoci, signori, affrettiamoci a stabilire comunicazioni a vapore da un capo all'altro del Regno; solo in questo modo potremo conservare alla Gran Brettagna l'alto posto che essa occupa fra le nazioni.»

Questo saggio consiglio fu entusiasticamente seguito; l'industre popolo inglese, senza chiedere sovvenzione alcuna dal governo, coprì in pochi anni tutto il suolo d'Inghilterra con una fitta rete di strade ferrate.

Nel 1843 il Regno Unito possedeva già 10041 chilometri di ferrovie aperte al pubblico; nel 1855 se ne contavano 13315 (ripartiti per 9986 nell'Inghilterra e paese di Galles, 1742 nella Scozia e 1587 in Irlanda); al 31 dicembre 1867 erano aperti all'esercizio 22928 chilometri di strade ferrate (di cui 16153 in Inghilterra e paese di Galles, 3672 in Iscozia, 3103 in Irlanda). Valutando a 30 milioni la popolazione del Regno Unito eranvi quindi in media chilometri 0,76 per ogni mille abitanti.

La costruzione di ferrovie era stata, fino al 1844, l'opera delle classi laboriose; la maggior parte degli azionisti apparteneva ai paesi manifatturieri; i capitalisti della metropoli inglese mostravano poca fiducia in quelle operazioni. Ma quando gli splendidi risultati ebbero dimostrata la fallacia delle previsioni degli uomini di banca; quando allo spirare d'ogni anno si potè riconoscere un progressivo e rapido aumento nei trasporti ferroviari e quindi anche nei dividendi, i capitalisti di Londra mutarono avviso, si slanciarono con vero furore nelle imprese ferroviarie; le azioni di strade ferrate divennero uno dei più importanti *titoli* della Borsa di Londra. Il prezzo di alcune salì oltre il doppio del loro valore primitivo.

La sete di guadagno si propagò ben presto anche fra il pubblico fino allora estraneo agli affari bancarii; ne derivò uno spirito di pazze speculazioni che cangiò completamente il carattere e lo scopo di quel genere di imprese. Migliaia e migliaia di persone, del tutto ignoranti in fatto di ferrovie, che nulla sapevano e nulla si curavano sapere della importanza sociale di quel potente strumento di civiltà, si precipitavano a gara a domandare e a sottoscrivere azioni per linee ferroviarie di là da venire, ad essi ignote completamente sotto ogni riguardo. L'importante era l'aver azioni ferroviarie per poterle poi rivendere con premio ed intascare in tal modo lauti beneficii con poca fatica. Questa febbre invase tutte le classi della società; mercanti e manifatturieri, borghesi e bottegai, impiegati e persino gli oziosi del *club*. I pochi uomini avveduti che sfuggivano alla funesta malattia dell'aggiotaggio furono accusati di ingiustizia verso le loro famiglie, poichè ricusavano di attingere a quelle presunte cornucopie d'abbondanza.

La pazzia da una parte e la furfanteria dall'altra salirono per qualche tempo all'apogeo; i cavalieri d'industria, gli aggiotatori, i progettisti andavano ingrossando, lanciavano da ogni parte progetti di ferrovie. I giornali riboccavano dei loro annunzii; la Posta bastava appena a diramare le loro circolari, i loro programmi. Vi fu un breve periodo durante il quale quei furfanti godettero immensa popolarità. Come la schiuma si portarono a galla,

giunsero ai più alti gradi della società, e grazie alle supposte loro ricchezze, furono ammessi nei circoli più elevati, ed idolatrati come divinità. Quella fu un'età d'oro per tanti legali senza scrupoli, agenti parlamentari, ingegneri, geometri, imprenditori sempre pronti ad occuparsi d'una ferrovia per quanto stravagante potesse essere, sempre pronti a dimostrare la certezza d'un traffico rilevante per linee sulle quali non poteva esistere traffico alcuno. Non è a dirsi quali e quante rovine susseguirono a quella sfrenata mania di guadagno.

Fino a che durò quella frenesia per le strade ferrate, Giorgio Stephenson fu costantemente supplicato, ma sempre invano, di lasciar inscrivere il suo nome in quei lusinghieri programmi. Non solo ei si tenne in disparte, ma fece anzi qualche tentativo per smorzare quel funesto ardore del pubblico. Con minor coscienza, accogliendo le numerose proposte che gli venivano rivolte, avrebbe potuto col solo suo nome procurarsi enormi beneficii; ma ei respingeva le ricchezze quando non dovevano essere il frutto d'un lavoro onorato. — Aderiva invece assai di buon animo a giovare col suoi saggi consigli a tutte le imprese che mostravano uno scopo realmente pratico ed utile. I suoi consigli erano reclamati da tutti, non solo in Inghilterra, ma benanco sul Continente. Fu per tal motivo che aderendo all'invito del saggio Leopoldo I, Stephenson recossi a due riprese nel Belgio durante il 1845 per studiarvi il tracciamento più conveniente per le ferrovie progettate nel territorio della Sambra e Mosella ed in quello della Fiandra occidentale; in tale incontro ebbe una lunga conferenza con re Leopoldo che mostrò di apprezzare altamente le belle doti dell'antico operaio.

Nello stesso anno Giorgio Stephenson fece un viaggio in Ispagna per pronunciare un giudizio intorno al tracciamento più ... ferrovia da Madrid al golfo ...

La carriera di Giorgio vol... da alcuni anni erasi ritirato ... grandi lavori ferroviari, e lim... alcune imprese per conto suo ...

Nel 1840, dopo aver compiu... delle contee del centro, annunci... sua intenzione di ritirarsi dalla ... gegnere. Aveva ormai raggiunt... sentiva il bisogno di godere del ... pos... delle ... teres... dette ... berto, ... giunto ... carriera fra i più ... gegneri ... tutte le ... ciali ch'eg... nelle var... Giorgio ... dirigere le ... niere di c... sile acqu... frutto del... tiche, e la... tura di loc... lui fondata ... stie, fino ... manifattu... andata gra... crescendo ... tanza ed ... prodotto ... guadagni ... gente e ... fondator...

Fig. 162. Roberto Stephenson.

gior parte del suo tempo ei rimane... villa di Tapton-House, distante un... città di Chesterfield, dedicandosi co... gricoltura, istituendo utili esperien... ingrassi ed all'allevamento dei b... volte ei recavasi ai comizii agra... vano or qua or là nel circostan... prendeva parte alle discussioni ... questioni di economia agricola ... simili, altrettanto vigore, altret... tico quanto ne aveva già mos... nica e nell'arte dell'ingegne... coi suoi vicini era semplice, s... tese: rammentava, senza falsa... goglio, i tristi giorni della s...

operai che trovavano lavoro nelle sne miniere e nelle sue officine, avevano in lui, non un padrone, ma un padre: apriva scuole, fondava case di soccorso e di previdenza; institui una sala di lettura ed una libreria circolante per gli operai; si occupò sino all'ultimo momento del benessere di quelli che lo circondavano e lavoravano per lui; il cuore dell'antico operaio minatore era rimasto immutabile nel petto del milionario. Non un bisognoso picchiò inutilmente alla sua porta. — Quando veniva a cognizione di qualche grave mancanza commessa da un operaio, lo faceva venire al suo cospetto e lo rimproverava severamente, ma con gli occhi bagnati di lagrima; dopo la predica egli schiudeva la sua borsa ed offriva al peccatore pentito il mezzo di fare un nuovo ingresso sulla scena del mondo.

La mente riflessiva dell'antico minatore di Killingworth non si riposava mai; ogni oggetto, per quanto indifferente potesse sembrare ai volgari, era per lui argomento di studio e di meditazione. Passeggiando pel campi coi suoi amici ei si compiaceva di chiamare la loro attenzione sovra i più semplici oggetti: una foglia, un filo d'erba, un pezzo di corteccia d'albero, una formica, un nido d'uccelli, gli servivano di punto di partenza per discorrere del mirabile organismo degli esseri, per sollevare le più importanti questioni scientifiche.

Il ministro Roberto Peel, che nutriva particolare stima per Giorgio Stephenson, lo aveva invitato più volte a recarsi nella sua residenza di Drayton, ove, nelle vacanze parlamentari, raccoglievansi intorno al ministro gli uomini più distinti d'Inghilterra. Stephenson rifiutò dapprima, poi cedette alle insistenze del ministro, e per tal modo strinse amicizia col distinto naturalista Buckland. — Passeggiando un giorno in compagnia di quest'ultimo sul terrazzo di Drayton, Stephenson vide passare da lontano un convoglio ferroviario trascinato a gran velocità dalla locomotiva.

— Buckland, diss'egli all'amico, permettetemi una domanda: qual è la forza che fa camminare quel convoglio? — Che volete che sia? non può essere che una delle vostre macchine. — Sta bene, ma chi fa andare la macchina? — Sarà probabilmente qualche meccanico di Newcastle, vengon tutti di là. — E se vi dicessi che è invece la luce del sole? — E come? — È precisamente così, proseguì Stephenson. È la luce solare immagazzinata nell'interno della Terra pel corso di milioni e milioni di secoli, luce che fu assorbita da antichissime piante. Senza quella luce le piante non si sarebbero formate, e il carbon fossile non esisterebbe nell'interno della Terra. Quella luce rimasta sepolta per sì gran numero di secoli nell'interno del carbon fossile, vien ora utilizzata, come nella locomotiva che abbiam veduta, pei bisogni dell'uomo.

Il 26 luglio 1848 Stephenson erasi recato a Birmingham per assistere alla riunione del collegio degli ingegneri meccanici di quella città, e per leggervi una sua Memoria « intorno al sofismi della macchina rotatoria. » Di ritorno a Tapton, fu colto da febbre intermittente che gli tolse la vita il 12 agosto 1848 nel suo settantasettesimo anno.

La sua morte fu un lutto pubblico per l'Inghilterra. La stampa di tutti i partiti, il Parlamento, le classi operaie, ogni ordine di cittadini espressero il dolore comune per la morte di un tanto uomo; il quale, colla perseveranza e colla inflessibile integrità del carattere, avea mostrato quanto si può fare anche quando la sorte ci fa nascere nella più umile condizione.

Nel suo testamento non dimenticò gli antichi compagni delle miniere; lasciò numerosi legati affinchè fossero mantenute le istituzioni di beneficenza che avea fondate.

La statua di Giorgio Stephenson, ordinata ad un valente scultore del continente dalla Compagnia Liverpool-Manchester, era in viaggio per l'Inghilterra quando il grande uomo spirò; fu collocata nel palazzo di San Giorgio a Liverpool; di lì a pochi anni se ne collocava una anche a Londra nell'amplo vestibolo della ferrovia Nord-Ovest ad Euston Square. La spesa fu sostenuta con sottoscrizioni volontarie iniziate dalla Società degli ingegneri meccanici, della quale Stephenson era stato fondatore e presidente; fra i sottoscrittori figurarono tremilacentocinquanta operai che approfittarono di quest'occasione per onorare col loro obolo la memoria dell'illustre ingegnere uscito dalle loro file.

Ma la più bella statua di Giorgio Stephenson, quella che più d'ogni altra è appropriata a perpetuarne la memoria, è quella innalzata sopra una piazza di Newcastle, a pochi passi dalla grandiosa fabbrica di locomotive da lui fondata, non lungi da quell'istituto letterario e filosofico che rese sì grandi servigi a Giorgio ed a suo figlio Roberto durante la gioventù di quest'ultimo. Fu ottima la scelta di quella piazza giornalmente attraversata da più migliaia d'operai che nella vista di quel monumento trovano un eccitamento a seguire le nobili orme lasciate da Giorgio, a non scoraggiarsi nelle difficoltà della vita, ad attendere indefessamente al lavoro, a farsi una legge del dovere, a giovare in ogni incontro ai proprii simili col consiglio e con l'esempio.

Roberto Stephenson che avea efficacemente coa-

diuvato il padre nella costruzioni di locomotive e nei grandi lavori ferroviarii, si acquistò pure una splendida fama perfezionando ulteriormente la locomotiva, progettando e dirigendo le costruzioni di moltissime ferrovie, non solo in Inghilterra, ma benanco sul Continente europeo, in Asia, in Africa ed in America; il suo voto pesò non poco nella bilancia quando si progettarono le prime ferrovie in Toscana, in Piemonte, nella Svizzera, in Danimarca, nella Svezia e nella Norvegia; ebbe pure ingerenza nella costruzione della ferrovia egiziana da Alessandria al Cairo ed a Suez. Il nome di Roberto Stephenson rimarrà scolpito a caratteri indelebili nella storia delle strade ferrate, in particolar modo per la sua invenzione dei grandi *ponti tubulari* in ferro, coi quali potè varcare fiumi o stretti fino allora reputati insuperabili.

Rimarranno specialmente memorandi i ponti tubulari in ferro costrutti da Roberto Stephenson sullo stretto di Menai ed alla foce del fiume Conway, per stabilire una comunicazione ferroviaria fra Chester e Holyhead e quindi fra l'Inghilterra e l'isola di Anglesey che sta, per così dire, in faccia a Dublino, la capitale dell'Irlanda. La navigazione non doveva essere giammai interrotta od inceppata nello Stretto di Menai che separa l'Inghilterra dall'isola d'Anglesey; conveniva quindi costruire un ponte che permettesse alle più grosse navi di passarvi sotto senza incaglio ed a vele spiegate. Stephenson superò la grave difficoltà gettando attraverso a quello stretto un enorme ponte tubulare costrutto in lamiera di ferro; questo ponte, che fu detto *ponte Britannia*, è lungo 400 metri, è sostenuto ai due estremi dalle *spalle* ed in tre punti intermedii da altrettante *pile* in muratura. Le due travate intermedie misurano ciascuna 140 metri di luce, le due travate estreme ne misurano 70; tutto il ponte trovasi a 30 metri al disopra del livello dell'alta marea. Ciascuna delle due travi intermedie pesa 5400 tonnellate. Questo gigantesco ponte, incominciato il 10 aprile 1846, fu ultimato il 5 marzo 1850, e nello stesso giorno fu percorso per la prima volta dalla locomotiva; al 18 dello stesso mese veniva aperto al pubblico servizio; la spesa di questa titanica costruzione fu di 234,450 sterline (circa 5,861,250 franchi). — Il ponte tubulare di Conway (della luce di 122 metri) è formato d'una sola travata in ferro laminato pesante 2300 tonnellate; fu incominciato il 12 maggio 1846 e potè essere percorso dalla locomotiva il 18 aprile 1848. — Merita per ultimo d'essere menzionato il lunghissimo ponte tubulare in lamiera di ferro, ideato da Roberto Stephenson per varcare con la ferrovia il fiume San Lorenzo, che divide il Canadà dagli Stati Uniti, nell'America Settentrionale. Questo ponte misura in lunghezza 2743 metri, ed è suddiviso in 25 travate; quella di mezzo ha 100,03 metri di luce, ciascuna delle residue 24 travate ha 73,81 metri di luce; il peso del ferro impiegato in questa costruzione fu di 10,400 tonnellate. I lavori di questo ponte, che in onore alla regina d'Inghilterra fu detto *ponte Vittoria*, furono incominciati il 22 luglio 1854, e sebbene non subissero interruzione alcuna, non poterono essere ultimati che sul principio del 1860. Roberto Stephenson non potè godere di questo nuovo trionfo: una malattia che lo colpì nell'autunno del 1859, mentre si trovava in Norvegia a studiarvi nuove ferrovie, lo obbligò a rimpatriare frettolosamente e lo condusse alla tomba il 12 ottobre dello stesso anno. Fu sepolto nell'abbazia di Westminster che, come tutti sanno, raccoglie le ceneri dei più illustri personaggi d'Inghilterra.

XVI.

Le ferrovie negli Stati Uniti dell'America settentrionale. — Terreni conceduti ai costruttori. — Come sorgano le città americane. — Estensione delle ferrovie nelle varie parti della Terra.

Narrata così la storia delle ferrovie inglesi e dei due illustri ingegneri che vi ebbero sì larga parte, dobbiamo pure accennare al graduale sviluppo dell'industria ferroviaria in tutto il mondo civile.

Le strade ferrate non si svilupparono in alcun luogo tanto rapidamente, quanto negli Stati Uniti dell'America settentrionale. Non appena vi furono conosciute, lo spirito intraprendente di quelle popolazioni si rivolse con entusiasmo a questo nuovo e rapido mezzo di trasporto.

Gli Stati Uniti avevano urgente bisogno di vincere gli immensi spazii che separano le città, i borghi, le praterie; di stringersi fra loro, di accelerare le comunicazioni.

Al 31 dicembre 1827 eravi in esercizio, in pa

paese, un breve tronco di ferrrovia lungo 5 chilometri; al termine del 1830 si contavano già 86 chilometri di ferrovia; di li a cinque anni erano diventati 1760; sul cadere del 1840 sommavano a 5340; dieci anni dopo, le ferrovie degli Stati Uniti erano lunghe 14,560 chilometri; al 31 dicembre 1857 erano quasi triplicate (42,000 chilometri): sul finire del 1867 eranvi in esercizio 59,000 chilometri di ferrovie; circa chilometri 1,78 per ogni mille abitanti.

Questa vastissima rete ferroviaria congiunge le più lontane città dell'Unione; la locomotiva percorre ancora vaste regioni tuttora deserte, immense foreste che fino ad ora erano attraversate soltanto dalle poste della Confederazione o da pochi coraggiosi dissodatori di terreni, che mano d'uomo non aveva toccati.

Nel 1869 fu ultimata la *Grande ferrovia del Pacifico*, che congiunge l'Oceano Atlantico con l'Oceano Pacifico, Nuova York con San Francisco. Quest'importantissima arteria del commercio mondiale attraversa da un capo all'altro tutta l'America settentrionale; essa misura in lunghezza 5327 chilometri. Volendo formarsi un concetto di quest'enorme distanza, convien riflettere che a percorrerla tutta, senza interruzione

Fig. 163. Ponte in legname sopra una palude della Carolina meridionale.

alcuna, con la velocità media di 50 chilometri all'ora, si richiederebbero più di quattro giorni e nove ore.

Le spese d'impianto delle ferrovie americane variarono dal 70 ai 200,000 franchi al chilometro. Il prezzo medio delle strade ferrate costrutte in quel paese a tutto il 1852, comprendendovi anche tutto il materiale, fu di 108,500 franchi. Però, onde costruire vie ferrate con tanta economia in un paese ove i salarii sono elevati e il ferro è caro, fu mestieri rinunciare completamente ad ogni idea di lusso. I lavori sono ristretti al puro necessario, le stazioni sono modestissime; il terreno essendo generalmente piano e di livello, non richiedette grandi opere d'arte (terrapieni, gallerie, ecc.); il passaggio dei fiumi si effettua sopra ponti di legno (v. fig. 163) di mitissimo costo, poichè il materiale impiegatovi si ha con la sola spesa necessaria al taglio degli alberi: l'occupazione dei terreni non porta quasi nessuna spesa, anzi alcuni Stati, per favorire le costruzioni ferroviarie, accordano gratuitamente alle Compagnie costruttrici delle larghe zone di terreno. Così, ad esempio, lo Stato dell'Illinese centrale concedette alla Compagnia costruttrice della ferrovia, che attraversa quello Stato, tutti i terreni posti a destra ed a sinistra della strada ferrata fino alla distanza di chilometri 9,50 da ciascun lato. La Compagnia effettuò poi rilevanti guadagni vendendo quei terreni ai coltivatori al prezzo medio di 12 franchi l'ettaro. Lungo quelle ferrovie sorgono come per incanto piccoli villaggi di coltivatori, parecchi dei quali nel volgere di pochi anni si trasformano in belle e popolose città.

Per dare un'idea della rapidità con cui sorgono le città americane, basterà citare Cincinnati, posta sulle rive dell'Ohio. Nel 1860 questa città contava soltanto sessant'anni d'esistenza e possedeva già

una popolazione di 100,000 abitanti. In quell'anno la città di Cincinnati era attraversata da *diciasette* linee di ferrovie.

A comprendere poscia il meraviglioso progresso ch'ebbe luogo in tutti i paesi della terra nella costruzione delle strade ferrate, possono valere le seguenti cifre, che c'indicano la totale lunghezza delle ferrovie costrutte ed in attività, ed ancora il loro costo di costruzione. Si valuta di 197,683 chilometri la lunghezza totale delle ferrovie e di 56,275,500,000 lire il prezzo di costo (1), ripartiti nei seguete modo:

	Chilometri.	Costo di costr…
Europa.	97,660	L. 41,201,950,0…
America	89,959	» 12,163,945,00…
Asia	7,158	» 2,073,915,000
Australia ed isole indiane	1,974	» 501,005,000
Africa	932	» 274,685,000
	197,683	» 56,275,500,000

Quantunque il costo di costruzione per chilometro di strada abbia molto variato da sito a sito, a seconda delle accidentalità e della natura dei

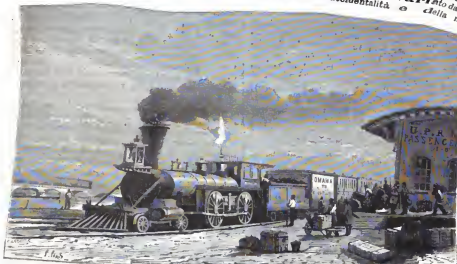



Fig. 164. Stazione di Omaha, punto di partenza della Grande ferrovia del Pacifico.

terreni attraversati e rispetto al prezzo della mano d'opera e dei materiali, gioverà tuttavia lo stabilire un confronto fra i prezzi medii chilometrici delle ferrovie nelle varie parti del mondo:

Europa	L. 422,000
America	» 148,000
Asia	» 289,000
Australia ed isole indiane	» 294,000
Africa	» 203,000

La lunghezza delle ferrovie stabilite in Francia è di circa 18,000 chilometri; ciò che forma il 18 % circa della lunghezza totale della rete europea, mentre la lunghezza della rete italiana valutata di circa 8500 chilometri, ne verrebbe a costituire circa la dodicesima parte, ossia quasi il 9 %; si noti che la popolazione d'Italia è circa il decimo e la sua superficie meno di un trentesimo di quella d'Europa.

La rete ferroviaria degli Stati Uniti d'America alla fine del 1871 presentava uno sviluppo quasi uguale a quello di tutta Europa per una popolazione da 36 a 38 milioni d'abitanti, sparsi su una superficie di 771,000 chilometri quadrati

(1) *Nouvelles Annales de la Construction.* — Mars 1872.

XVII.

LE FERROVIE SUL CONTINENTE EUROPEO.

Il Belgio e il governo di re Leopoldo I. — La Francia e il ministro Thiers. — Le ferrovie in Germania ed in Isvizzera. — Prima ferrovia italiana — Istinto di segregazione dei governi della penisola. — Estensione delle ferrovie italiane al 31 dicembre 1848. — Rapidi progressi delle ferrovie nel Piemonte. — La guerra del 1859 e l'importanza strategica delle ferrovie. — Estensione delle ferrovie italiane al 30 aprile 1869. — Le grandi Società ferroviarie. — Estensione delle ferrovie italiane al 1.° gennaio 1873. — La *garanzia governativa*. — Sguardo al passato; guerra all'ignoranza, lieti pronostici per l'avvenire.

Primo a godere dei beneficii delle ferrovie sul continente europeo fu il popolo belga, grazie all'illuminato governo di re Leopoldo I. Con decreto del 1 maggio 1834 egli stabiliva la rete fondamentale delle ferrovie del Belgio; al 5 maggio 1835 aprivasi al pubblico il primo tronco di ferrovia (Malines-Bruxelles, lungo 21 chilometri); i lavori furono condotti in più punti con la massima sollecitudine, per modo che nell'agosto 1838 il piccolo Belgio possedeva già 255 chilometri di ferrovie aperte al pubblico servizio; al cadere del 1845 la lunghezza delle ferrovie belghe aperte all'esercizio raggiungeva i 559 chilometri; undici anni dopo erano già 1711; nel dicembre del 1869, sommavano a 2560. La superficie del Belgio è di 29 460 chilometri quadrati, popolati da 5 milioni d'abitanti; perciò nel 1866 eravi in quel paese un chilometro di ferrovia per ogni 11. 5 chilometri quadrati e per ogni 1953 abitanti.

Mentre l'Inghilterra, gli Stati Uniti ed il Belgio si affrettavano a costruire la loro rete di strade ferrate, la Francia guardava con diffidenza questo nuovo e rapido mezzo di comunicazioni. Il governo francese, non senza molte difficoltà, aveva rilasciata nel 1823 la concessione della prima ferrovia a cavalli da Santo Stefano ad Andrezieux, unicamente destinata al trasporto del carbon fossile; nel 1826 Marco Seguin, precedentemente nominato per l'invenzione della locomotiva tubulare, otteneva la concessione della ferrovia da Santo Stefano a Lione, destinata anch' essa essenzialmente al trasporti di carbon fossile; ma dopo d' allora trascorsero parecchi anni senza che si riconoscesse in Francia l'immensa utilità delle ferrovie. Nel 1834 il ministro Thiers, reduce da un viaggio in Inghilterra, sebbene avesse veduta in piena attività la ferrovia da Liverpool a Manchester, pure dichiarava dalla tribuna che le ferrovie potevano tutt'al più servire come passatempo ai curiosi d'una grande metropoli e solo in casi eccezionali avrebbero potuto rendere utili servigi come mezzo di trasporto. « Presentemente, diceva Thiers, vi sono in Francia otto o dieci leghe di strade ferrate in costruzione; per parte mia sarei ben contento se taluno mi assicurasse che se ne costruiranno annualmente altre cinque. Non convien pascersi d'illusioni: i brillanti risultati che si credeva dovessero scaturire dalle ferrovie, non sussistono in fatto. » Ecco come si ingannano anche i grandi uomini!

Nel 1834 la Francia possedeva solo 266 chilometri di strade ferrate, per la massima parte destinate esclusivamente ai trasporti di merci: al 1.° gennaio 1842 le ferrovie francesi in esercizio raggiungevano appena 563 chilometri; soltanto in quell'anno il governo presentò alle Camere francesi una legge che fu dalle stesse adottata e che segnò l'origine d'una nuova èra sociale per quel paese. Dieci anni dopo, le ferrovie francesi aperte all'esercizio raggiunsero la complessiva lunghezza di 7447 chilometri; al 31 dicembre 1868 esse erano più che duplicate, sommavano a 16,240 chilometri, il che corrisponde ad un chilometro di ferrovia per ogni 33 chilometri quadrati di superficie e per ogni 2344 abitanti.

In Germania il fischio della locomotiva fu udito per la prima volta sulla ferrovia bavarese da Norimberga a Fürth, lunga 7 chilometri, aperta all'esercizio nel 1835; nel 1838 inauguravasi la prima ferrovia a locomotive tanto in Austria (tronco Vienna-Wagram), quanto in Prussia (tronco Berlino-Potsdam).

La lunghezza delle ferrovie austriache già aperte all' esercizio, sul cadere del 1866, era di chilometri 6160: alla stessa epoca i varii Stati della Germania (esclusa l'Austria) possedevano 15,170 chilometri di ferrovie.

La Svizzera irta di scoscese giogaie fu per lungo tempo riguardata come un punto di interruzione o per lo meno di deviamento inevitabile del vasto sistema ferroviario europeo.

L'idea di attraversare colla locomotiva l'intricato labirinto di vallate e di monti che si presenta all'occhio stupefatto dalla cima del Righi, rimase

lungamente relegata nella sfera di quegli splendidi sogni che passano nella mente dell'uomo, ma che le sue forze non arriverebbero mai a realizzare.

Tuttavia il risultato superò di gran lunga ogni aspettativa: nel 1847 fu inaugurata la prima ferrovia svizzera (da Zurigo a Baden, 23 chilometri); pochi anni dopo, le città e le borgate più importanti di quell' industre paese erano fra loro in comunicazione ferroviaria. Al cadere del 1866 la Svizzera possedeva 1328 chilometri di ferrovie aperte al pubblico, cosicchè valutando la superficie della Svizzera a 41,418 chilometri quadrati ed a 2,510,000 il numero degli abitanti, avevasi colà un chilometro di ferrovia per ogni 31. 2 chilometri quadrati di superficie e per ogni 1890 abitanti.

E in Italia? In Italia si riconobbe fin dapprincipio la somma importanza delle ferrovie, ma la condizione politica della penisola, ben lungi dal favorire l'introduzione e lo sviluppo dell'industria ferroviaria, frapponeva incagli d'ogni maniera; basti il dire che l' importante linea Venezia-Milano (lunga chilometri 284), per la quale era stata chiesta la concessione al governo austriaco fino dal 1835, potè essere incominciata soltanto nel 1841 (col tronco da Padova alla laguna, lungo chilometri 33, aperto all'esercizio il 12 dicembre 1842), e fu ultimata solo sedici anni dopo (coll'apertura verificatasi il 12 ottobre 1857, del tronco Treviglio-Bergamo-Coccaglio, lungo chilometri 50).

« Ognuno degli Stati che, come disse il Correnti (1), sebbene congiurati tra loro nella forma e nell'intento politico, pure si astiavano gelosamente, avea per così dire il suo sistema stradale: prima legge quella del far da sè; seconda, quella di vigilare in comune le porte e gli sbocchi per cui potevansi parlare e toccare tra loro le popolazioni italiane. Un problema stradale allora, in luogo d'essere sciolto dagli economisti e dagli ingegneri, era dato a studiare agli agenti delle polizie e delle dogane, e, manco male, ai soldati. Tutti gli ostacoli naturali che facevano risalto, e parevano giustificare i confini artificiali segnati tra parte e parte d'Italia, erano, diremo così, coltivati con amore. Il Ticino e il Po, per esempio, in luogo d'essere convertiti in vie fluviali, venivano mantenuti come una buona linea di difesa contro ogni istinto di comunione italiana. La gelosia andava tant'oltre, specialmente nel reame di Napoli, che anche le strade decretate per congiungere fra loro le provincie non si eseguivano, e molte vie segnavansi sulle carte topografiche, che poi invano sarebbersi cercate sulla faccia dei luoghi. Quest'istinto di segregazione doveva manifestarsi più vivo nell'argomento delle strade ferrate, tanto più efficaci delle strade comuni a congiungere e accomunare popoli. Ognuno degli Stati d'Italia aveva il suo sistema particolare di difesa, la sua strada di predilezione politica; l'Austria voleva prima di tutto congiungere col cuore della monarchia le città orientali del Lombardo-Veneto: essa non poteva comportare che Milano e Genova si dessero la mano. Il regno di Sardegna anch'esso preferiva di sviare a ponente la strada ferrata della Liguria, per metterla sotto la protezione della fortezza di Alessandria. La Toscana doveva pensare prima di tutto a congiungere Livorno e Firenze. E i Borboni di Napoli conducevano le loro prime linee ferrate dalla reggia alle ville principesche ed agli acquartieramenti suburbani dell' esercito. »

A Napoli, dove nel 1839 s'era aperta la prima via ferrata che vedesse l'Italia, quella per Torre Nunziata (lunga 13 chilometri), costrutta per conto di una Società di azionisti rappresentata dall' ingegnere francese Bayard, s'andò poi lavorando lentissimamente sulle strade di Salerno, di Capua e d' Avellino; e i disegni delle linee per le Puglie, pel Molise, per l' Adriatico, pel Jonio svamparono in parole.

Nell'Italia settentrionale, il fischio della locomotiva fu udito per la prima volta sul tronco Milano-Monza (lungo 13 chilometri, aperto al pubblico il 18 agosto 1840), costrutto per opera di soli ingegneri lombardi. Furono quindi aperti successivamente: il tronco da Padova alla laguna (chilometri 33; il 13 dicembre 1842), il monumentale ponte sulla laguna (1) ed il tronco Padova-Vicenza (chilometri 30) al 15 gennaio 1846; il 17 febbraio 1846 inauguravasi il tronco Milano-Treviglio (chilometri 31).

Nell'Italia media il primo tronco aperto al pubblico fu quello da Livorno a Pisa (chilometri 19, inaugurato il 14 marzo 1844), al quale tennero dietro i tronchi Pisa-Pontedera (chilometri 20, aperto il 19 ottobre 1845) e Pontedera-Empoli (chilometri 26, aperto il 21 giugno 1847); il 1848 vide compiersi i tronchi di Firenze-Prato (chilometri 18, inaugurato il 3 febbraio) ed Empoli-Firenze (chilometri 33, aperto il 10 giugno).

In quel memorando anno, 1848, « cominciò il

(1) Vedi la *Relazione*, presentata alla Camera dei Deputati, il 17 dicembre 1864, *sui progetti di legge pel riordinamento ed ampliazione delle reti ferroviarie del Regno; pag. 9.*

(1) Lungo 3603 metri, ripartiti in 222 arcate da 10 metri di corda, separate da sette stadii, frammezzati da cinque piazze ed un ponte in legname alla testata, della lunghezza di 10 metri.

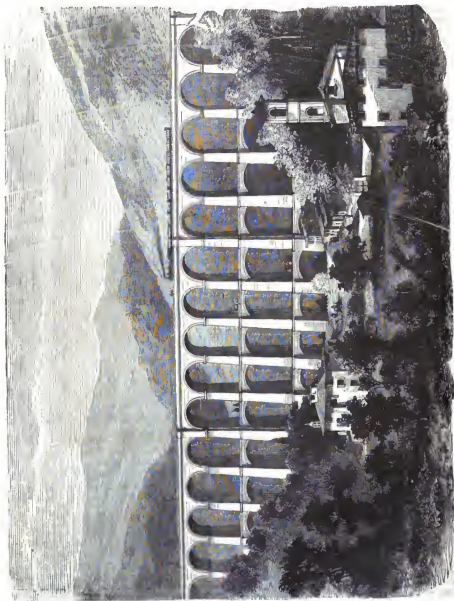



Fig. 164. Strada ferrata dell'Apennino pistoiese. Viadotto di Castagno.

dualismo (1) delle influenze, dei commerci, delle strade. Il Piemonte si epigrl. La strada da Torino a Genova, assunta dallo Stato fin dal 1844, e appena abbozzata nel 1848 (2), fu condotta a compimento nel 1853, ad onta delle enormi difficoltà che opponeva il passaggio dell'Apennino; e per la prima volta fu trionfata dalla vaporiera una grande catena di montagne. Nel frattempo si erano tracciate le linee di Cuneo, di Susa, del Ticino, di Pinerolo, di Voltri, e l'anno appresso la li Vercelli a Valenza per Casale, quella Alessa a Piacenza, e la scorciatoia da Novi a Tor e le diramazioni da Santhià a Biella e da Mort a Vigevano. Collo stesso ardore si proseguì sì al 1859. In quell'anno già può dirsi che eran compiute tutte le linee principali del Piemonte, le quali in lunghezza vincevano tutte le altre ferrovie d'Italia sommate insieme (1).

Fig. 166. Ferrovia Fell sul Moncenisio.

« La Lombardia non aveva altro che la linea arteriale dal Ticino al lago di Garda e al quadrilatero; le mancavano tutte le comunicazioni diagonali, e fino l'importantissima linea trasversale da Milano a Piacenza, la quale doveva congiungere le linee lombarde colle emiliane.

« Nè erano gran fatto progredite le strade toscane, le quali facevano come gruppo in Val d'Arno,

(1) Vedi la citata *Relazione* a pag. 11.

(2) Il primo tronco di ferrovia aperto al pubblico in Piemonte, fu quello da Torino a Moncalieri lungo 8 chilometri, inaugurato il 24 settembre 1848.

(1) Al 31 dicembre 1848 l'Italia possedeva 337 chilometri di ferrovia nei quali il Piemonte figurava con soli il Lombardo-Veneto con 111, la Toscana con 116 Regno di Napoli con 102. Dieci anni dopo, l'Itali tava già 1653 chilometri, nei quali il Piemonte con 820, il Lombardo-Veneto con 479, la Toscana il Regno di Napoli con 116 e lo Stato pontificio prima ferrovia, quella da Roma a Frascati, lu metri 17, fu inaugurata nel luglio 1856) con 2

prolungandosi fino a Siena a mezzodì e fino a Querceta a ponente, e accennando di dar mano pel varco di Porretta alle linee dell'Italia centrale e delle Venezia. Quanto alle strade romane esse si limitavano a disegni in arie e alle tardive concessioni delle linee da Roma a Civitavecchia, da Roma a Bologna, toccando Ancona, infine al tronco da Bologna a Ferrara destinato a congiungere la rete pontificia coll'austriaca.

« Così all'avvicinarsi della risurrezione italiana può dirsi che, cavatane Val d'Arno, le parti meridionali e centrali della penisola mancassero affatto di strade ferrate o solo le avessero per mostra.

« Nell'Italia superiore invece facevasi sempre più evidente la contrapposizione ostile delle due reti stradali, l'austriaca e la sarda: la prima che involgeva, oltre le provincia soggette direttamente all'Austria, tutti gli Stati vassalli e tirava a penetrare nei due avamposti marittimi di Livorno e di Ancona, ad impernarsi sulla piazza di Bologna, a sedurre la Toscana colla tentazione di scavalcar Genova; l'altra, che chiusa nell'alta valle del Po, cercava di farsi strada alle comunicazioni transalpine sottopassando audacemente le Alpi Cozie per assicurarsi l'appendice della Savoia, e studiando i varchi delle Alpi Elvetiche per trovar via di tragittarsi nella valle del Reno e giungere alla Germania centrale senza inciampare nelle dogana austriache.

« Coll'esito felice delle guerra del 1859, durante la quale cominciò a vedersi l'importanza strategica delle ferrovie, che come avevano reso possibile la conversione dell'esercito francese da Alessandria a Novara e preparata la vittoria di Magenta, così facilitarono il formidabile ritorno offensivo dell'esercito austriaco su Solferino, cominciò un nuovo periodo durante il quale i neonati Governi delle diverse parti d'Italia si affrettarono a dar corpo, se non altro di decreto, a speculazioni fantastiche.

« . . . . . Dopo la proclamazione del Regno d'Italia cominciò, com'era naturale, un nuovo periodo nella storia delle strade ferrate italiane. Correggere le deviazioni e gli errori, frutto delle idee separatiste, collegare fra loro la piccole società e costituire con esse delle combinazioni più solide e più vaste, incoraggiare la costruzione delle diramazioni secondarie col concorso degli interessi locali, preparare le formazione di grandi gruppi coordinati fra loro, compiere le linee normali sulle quali si possa attirare il commercio europeo: ecco i principii che vanno successivamente e costantemente manifestandosi in tutti i progetti di legge presentati al Parlamento, e in tutte le dichiarazioni del Governo. »

Al 30 aprile 1869 avevansi in Italia 5741 chilometri di strade ferrate in esercizio, compresi 319 chilometri appartenenti allo Stato pontificio; a quella data trovavansi in corso di costruzione altri 1250 chilometri di ferrovie.

Se poi si confronta la situazione della nostre ferrovie al 31 dicembre 1868 ed al 31 dicembre 1872, si scorge come la rete delle ferrovie italiane in esercizio siasi aumentata di ben 1076 chilometri; cosicchè alla fine del 1872 essa raggiungeva la considerevole lunghezza di 6778 chilometri.

La popolazione del Regno d'Italia, secondo l'ultimo censimento ufficiale, ammontando a 26,801,150 abitanti e la lunghezza totale della ferrovie a 6,778,000 metri, ne risulta che per ogni diecimila abitanti si contano 2528 metri di ferrovia; e, ritenendo la superficie territoriale del regno di 295,390 chilometri quadrati, ne consegue che ad ogni chilometro quadrato di superficie corrispondono metri 22,94 di ferrovia; od in altro modo, che vi è un chilometro di ferrovia in esercizio per ogni 43,5 chilometri quadrati di superficie e per ogni 3954 abitanti.

Notisi ancora come delle 69 provincie costituenti il regno, 62, allo scadere del 1872, avessero già il proprio territorio percorso dalla locomotiva; e di queste 62 provincie 27 fossero dotate di ferrovie in esercizio per quota superiore alla media generale in rapporto tanto alla popolazione quanto alla superficie territoriale.

Le surriferite cifre unitamente al numero di 1838 chilometri, che ancora rimanevano al principio del 1873 in costruzione od in progetto approvato, ci danno giusto motivo di sperare, che da questi accrescinti, rapidi e ben ordinati mezzi di comunicazione non tarderà guari il nostro paese a risentire i più benefici effetti.

Le grandi Società, fra cui oggidì si riparte quasi tutta la rete ferroviaria del Regno, sono quelle dell'Alta Italia, delle ferrovie Romane, delle Meridionali e delle Sarde.

Le ferrovie poi a carico dello Stato comprendono le Calabro-Sicule, la ferrovia Asciano-Grosseto, le ligure, la ferrovia Savona-Torino con diramazione da Cairo ad Acqui.

L'esercizio delle ferrovie Calabro-Sicule, le quali si estendono per 313 chilometri in Calabria e 338 in Sicilia, e di quelle della stessa rete, che man mano verranno ultimate, è affidato alla Società Italiana delle strade ferrate meridionali, in virtù della legge 31 dicembre 1871.

L'esercizio della linea Asciano-Grosseto (85 chilometri) fu assunto dalla Società delle ferrovie Romane non sì tosto fu compiuta la collaudazione degli ultimi lavori, la quale ebbe luogo al 21 a 22 maggio 1872.

La ferrovia ligure si compone dei tronchi seguenti:

Linea di levante	della lunghezza di chilom.	121,000
Traversata di Genova	» »	3,000
Linea di ponente	» »	159,000

Con un percorso totale di chilometri 283.

Coll'apertura della galleria della traversata di Genova avvenuta nel mese di luglio 1872, le due riviere di levante, a partire da Sestri, e di ponente furono fra di loro congiunte con un non interrotto servizio di ferrovia.

La costruzione della ferrovia da Savona a Torino e della diramazione da Cairo ad Acqui, fu assunta dall'impresa I. Guastalla e C. — La linea principale, che si estende da Savona a Bra, ha la lunghezza di chilometri 94,319; la diramazione da Cairo ad Acqui è lunga chilometri 47,971; la lunghezza totale risulta adunque di chilom. 142,290. Questa linea doveva essere compiuta sul finire dell'anno 1872; ma per cause eccezionali non potrà aprirsi al pubblico esercizio che nei primi mesi del 1874.

L'esercizio poi delle ferrovie Liguri e di quello da Savona a Bra e diramazione Cairo-Acqui è devoluto alla Società ferroviaria dell'Alta Italia.

La Società dell'Alta Italia abbraccia le strade del Piemonte, della Lombardia, del Veneto, dell'Emilia, della Liguria e della riva destra dell'Arno con un'estensione complessiva di 3006 chilometri.

La seconda, che s'intitola delle strade ferrate Romane, conta 1586 chilometri di ferrovia aperta all'esercizio. In causa però delle sue cattive condizioni finanziarie essa sta oggidì trattando col Governo una convenzione di riscatto da parte del medesimo; havvi poi molta ragione a credere che l'esercizio di queste ferrovie venga in seguito assunto dalla Società delle strade ferrate meridionali.

La terza Società, che si appella delle ferrovie meridionali, ha una rete in esercizio di 1327 chilometri; possiede l'importante arteria ferroviaria Bologna Otranto (chilometri 845), la linea trasversale Foggia-Napoli e parecchie importanti diramazioni. Oltre a ciò essa tiene l'esercizio delle linee Calabro-Sicule; per le quali è a sperare che le sfavorevoli attuali condizioni d'esercizio andranno gradatamente migliorando collo svolgersi del movimento e sovratutto col progredire della costruzione dei tronchi, che ancora occorrono per collegare in Calabria le linee Taranto-Cariati e Regio-Assi ed in Sicilia quelle Palermo-Lercara e Catania-Leonforte.

La quarta Società, che s'intitola delle strade ferrate sarde, abbraccia l'isola di Sardegna, ove

del mezzodì, sono di molto inferiori a quel minimo, così la differenza rimane a carico dello Stato; e questa *garanzia governativa* figurerà ancora per parecchi anni e per cospicua somma nel Bilancio passivo della Nazione. Ma questo stato di cose non deve far disperare dell'avvenire economico del paese; imperocchè, ultimato ora il bosforo di Suez, e compiuta la grande opera del Moncenisio, mentre già si spingono con tutta alacrità i lavori per lo stabilimento dell'importantissima ferrovia del Gottardo, accresciuto ancora il numero delle vie ordinarie di comunicazione, non v'ha dubbio, che l'agricoltura, l'industria ed il commercio presto si svolgeranno appo noi, come in altri più floridi paesi; l'attività individuale in gran parte intorpidita negli Italiani dovrà risvegliarsi, le nostre popolazioni impareranno a far da sè, a non chieder sempre l'intervento e l'appoggio governativo.

Le amare notizie raccolte nel ben noto bilancio intellettuale del 1861, provano ad evidenza quanto sia stata funesta all'Italia l'opera dei barbari governi che la reggevano (1), governi che mantenevano le popolazioni nel più abbietto avvilimento, nemiche ad ogni progresso, soggiogate dall'ignoranza e dai pregiudizii.

Dal 1861 ad oggi molto si è fatto per migliorare la condizione intellettuale delle popolazioni italiane, ma, non conviene illudersi, resta ancor molto da fare. « Quando appena se ne levino alcune parti dell'Europa orientale (dice il Maestri), ove la civiltà è al primo albeggiare, *noi siamo*, sotto il rispetto dell'istruzione popolare, *l'ultimo fra i popoli civili*. In Francia ed in Inghilterra, in Germania ed in Isvizzera, la coltura è senza paragone più diffusa che tra il nostro popolo. Nella stessa Spagna, che certamente non aspira agli onori del primato nei progressi intellettuali, pur nondimeno v'ha 26 per 1000 più che fra noi che sappiano leggere e scrivere. »

L'Italia si è per troppo tempo addormentata all'ombra degli allori degli avi, tutti gl'Italiani si adularono a vicenda proclamandosi i più alti ingegni, dichiarandosi con orgoglio discendenti di Dante e Machiavelli, di Raffaello e di Michelangelo, di Galileo e di Sarpi. — Lo splendore di quei grandi non ci autorizza a rimanere neghittosi, ci invita invece a battere le loro nobili orme. — L'avvenire d'Italia dipende specialmente dalla lotta contro l'ignoranza, lotta alla quale dovrebbero prender parte tutti gli onesti, tutti gli amanti della libertà, tutti gli amici del progresso. Quando la formidabile falange degli analfabeti fosse ridotta alla metà, l'avvenire economico del paese sarebbe definitivamente assicurato. Se ogni cittadino che sa leggere insegna quest'arte, che Stephenson chiamava la *chiave di tutte le arti*, ad un solo analfabeta, lo scopo sarà raggiunto in men che non si crede; la diffusione dei lumi darà potente impulso all'agricoltura, all'industria, ai commerci, e l'Italia nulla avrà da invidiare alle altre nazioni. Il risultato finale non può mancare; il raggiungerlo più presto o più tardi, in questo secolo o nel venturo, dipende dai singoli cittadini. — Chi realmente ama il progresso, non deve lasciare intentato alcun mezzo, non deve indietreggiare in faccia ad alcun sacrifizio, per abbattere l'ignoranza, per diffondere ovunque l'istruzione nelle città, nei villaggi, nelle campagne.

XVIII.

COSTRUZIONE DELLE FERROVIE.

Lo studio preliminare e le gare municipali, lotta d'interessi. — Una corsa in campagna. — Triangoli ideali. — La riduzione all'orizzonte. — Le *biffe* ed il *livello*. — Un'innondazione e le *curve di livello*. — Profilo di livellazione. — Limiti delle pendenze. — I *rettilinei* e le *curve*. — La forza centrifuga. — Solidarietà fra le due ruote. — La rotaia esterna e la rotaia interna. — Raggi minimi nelle ferrovie di pianura e nelle ferrovie di montagna. — Calcoli di confronto, spese di costruzione e spese d'esercizio.

Ed ora che vi abbiano esposto sommariamente l'origine ed il progresso delle strade ferrate, crediamo non debba riescirvi sgradito il conoscere come si costruiscano e come si mantengano in esercizio le ferrovie; seguiremo (1) la storia d'una ferrovia dall'istante in cui incominciano i primi

(1) Risulta dal censimento del 1861 che sopra 100 maschi vi erano soli 49 analfabeti in Piemonte, mentre nelle provincie appena uscite dalla schiavitù questo numero era ben maggiore; infatti per ogni 100 maschi si contavano 55 analfabeti in Lombardia; 73 in Toscana, 76 nell'Emilia, 80 nelle Marche, 85 in Basilicata e 89 in Sicilia!

(1) Questo capitolo ed i seguenti sono in gran parte ricavati dalle seguenti opere: GUILLEMIN, *Les chemins de fer*, Paris 1867; PERDONNET, *Traité élémentaire des chemins de fer*, Paris 1865; WEBER; *die Schule des Eisenbahnwesens*, Leipzig 1862; *Das Buch der Erfindungen*, Leipzig 1865.

studii fino al momento in cui, compinte tutte le necessarie costruzioni, la via è pronta e si apre al servizio del pubblico; visiteremo quindi le officine in cui costruisconsi le macchine, e preparansi le carrozze e i varii attrezzi necessarii all'esercizio; entreremo negli uffici per esaminarvi quell' organizzazione colossale che, pur essendo tanto complicata, procede con mirabile regolarità; prenderemo notizia delle principali avvertenze necessarie al buon andamento dell' esercizio; ci fermeremo alquanto a considerare i tanto temuti accidenti delle ferrovie; saliremo poscia sopra un convoglio, lo esamineremo partitamente, dalla locomotiva e dalle carrozze delle varie classi fino al carro dei conduttori ed a quelli destinati alle merci; scenderemo in una delle stazioni più importanti, la esamineremo in tutti i suoi particolari, ci informeremo del servizio dei segnali e di quanto ancora desiderereste conoscere.

Quando un governo od una società di capitalisti concepisce il progetto d'una nuova linea di strada ferrata, la prima questione che si presenta è la via da farle seguire. Poichè in genere quando si esprime il primo concetto di una linea, non si hanno in mente che due punti estremi, poniamo ad esempio Torino e Venezia, ma per andare dall'uno all' altro di questi due punti, si possono seguire infinite linee tutte diverse fra loro. Ecco subito presentarsi un problema importantissimo ed urgente: la scelta della via più conveniente. Tale scelta dipende evidentemente da un grandissimo numero di elementi e non può farsi che col concorso delle meditazioni combinate dell'ingegnere, dell' economista, dell' uomo di guerra e dell' uomo di Stato.

Gl' ingegneri devono provvedere che tanto le spese di costruzione quanto quelle dell' esercizio siano le minori possibili; essi dovranno consultarsi con gli economisti per decidere a quali città ed a quali borgate converrebbe avvicinare la ferrovia. È certo che le città più ricche e popolose, i grandi centri manifatturieri, agricoli e industriali non devono essere dimenticati, poichè la ferrovia non deve servire soltanto le due città estreme, ma deve dar vita e ricevere alimento anche da città e borgate intermedie, ma qui appunto sorgono gravi difficoltà; la ferrovia non può, non deve serpeggiare ora a destra ora a sinistra per accontentare tutti: si tratta adunque di stabilire quali deviazioni sieno compatibili e quali debbano essere escluse, quando non si voglia sovverchiamente allungare il viaggio fra i due punti estremi della linea.

Gli uomini di guerra desidereranno poi qualche deviazione, ben giusta, per conto loro: in vici-

risultano egualmente vantaggiose), essi vengono sottoposti all'esame d'una Commissione governativa; questa sceglie la linea ch'essa reputa migliore (se ve n'ha diverse), approva completamente o parzialmente il progetto, e nel secondo caso propone opportune modificazioni.

Ora incomincia la seconda fase, cioè lo studio definitivo della linea, studio che deve poi condurre all'esecuzione del progetto; e con esso incomincia più seria che mai l'opera dell'ingegnere. Gli occorrerà, se vuole seguire coscienziosamente il grave suo ufficio, gli occorrerà vegliare anco le notti per rintracciare la soluzione dei più ardui problemi che si possono presentare nella teoria e nella pratica dell'arte sua. Dalle carte e dai libri meditati tranquillamente nel suo gabinetto, dovrà passare sulla faccia dei luoghi, dovrà interrogare le prominenze o le depressioni del terreno ondeggiante. Il destino della provincia sta per essere segnato dalla punta del suo compasso; la prosperità o la rovina di molteplici interessi stanno nelle sue mani, dipendono dalla sua abilità.

E quando, dopo tante fatiche, si è finalmente stabilito per quali città, per quali borgate dovrà passare la ferrovia, allora incomincia il vero lavoro tecnico dell'ingegnere, poichè quanto più è ristretta la lunghezza del tronco di ferrovia che vuolsi studiare, tanto più le condizioni del suo tracciamento entrano nel dominio della scienza e quindi sono più suscettibili di precisione. — Non poche sono le difficoltà colle quali si deve lottare; le principali fra queste, dipendenti dalla natura stessa della locomotiva, difficoltà che costringono le Compagnie a grandi sagrifizii, a grandi spese, sono le seguenti:

1.° Non superare mai nelle ascese il limite delle pendenze, stabilito concordemente dalla teoria e dall'esperienza;

2.° Non ammettere, nel tracciamento della linea, alcuna curva il cui raggio sia inferiore ad altro limite similmente determinato.

Vincolato sempre da queste condizioni che voglion essere rispettate scrupolosamente, l'ingegnere deve compiere una serie di studii rigorosi sul terreno per formarsi un concetto esattissimo degli accidenti ch'esso presenta. Volete comprendere anche voi, cari lettori, quali sieno questi studii? Accompagniamo l'ingegnere e il personale da lui dipendente sul teatro dei suoi lavori. — Dopo tante considerazioni generali, che forse vi avranno cavato di bocca uno sbadiglio, io spero che l'offrirvi di fare una passeggiata all'aria aperta per monti e per valli non abbia a dispiacervi, e che mi seguirete di buon grado. — Abbiam veduto come l'ingegnere a colpo d'occhio e dopo un'ispezione generale dei luoghi abbia ideato un certo tracciamento fra due vicine città; ma il colpo d'occhio e l'ispezione generale, eccellenti pel progetto preliminare, sono ora insufficienti; bisogna raccogliere buon numero di dati positivi; e perciò ci mettiamo in viaggio per la campagna, in buona compagnia, ingegneri, geometri, biffanti, canneggiatori, armati tutti di opportuni strumenti, teodoliti, livelli, bussole, squadre, paline, biffe e va dicendo.

Eccoli giunti sul luogo, e disposti a *levare il piano* d'una larga zona di terreno. M'affretto a dirvi che levare il piano d'un terreno vuol dire semplicemente: rappresentare sur un disegno una immagine fedele ed esatta di quel terreno; farne, a dir così, il ritratto.

Rassegniamoci a chiudere un occhio sulla bellezza del paesaggio, a far tacere i sentimenti artistici, per non vedere che una superficie variamente ondulata, intersecata da linee e composta di punti. Quel che importa conoscere, è la situazione relativa di quelle linee, di quei punti; le loro reciproche distanze, le loro altezze diverse. Il nostro piano dovrà quindi rappresentare la direzione delle strade, dei viottoli, dei sentieri; l'andamento dei fiumi, dei ruscelli; la posizione degli edifici che si trovano in quella zona, con indicazioni relative alla loro importanza; le montagne, le colline, le vallate, i limiti dei comuni, delle possessioni e quanto ancora di notevole vi fosse su quel terreno.

E siccome non si può sur un foglio di carta indicare nel tempo stesso e la pianta del terreno e l'elevazione dei varii suoi punti, così questo lavoro si decompone in due parti, in due disegni. Nel primo, si rappresenta il terreno come se gli oggetti non avessero altezza, quali si vedrebbero dalla cima d'un alto campanile, o meglio dall'alto d'un pallone aereostatico. Quanto più alto si sale, tanto più il terreno sottostante sembra piano; le case, le colline sembrano schiacciate, prive d'altezza; i fiumi, le strade sembrano nastri distesi sul suolo; il terreno che si ha sott'occhio presenta l'aspetto d'una carta, d'una pianta topografica. L'ingegnere eseguisce dapprima un disegno di questo genere, poi ne eseguisce un altro che serve ad indicare le altezze dei varii punti. — Ma in qual maniera?

Fissiamo la nostra attenzione sur un certo numero di punti, sulla vetta d'un colle, sulla cima d'un campanile, d'un albero o d'altro oggetto espressamente piantato nel terreno. Congiungiamo col pensiero questi punti a due a due mediante altrettante linee rette. Avremo allora una serie di triangoli, l'insieme dei quali prende il nome di *rete topografica*. Se, come è probabile, gli oggetti

da noi presi di mira non sono egualmente alti, le linee con le quali gli abbiamo congiunti mentalmente, salgono, scendono o restano orizzontali a seconda del caso. Ebbene, senza cangiarle di direzione, immaginiamo che divengano tutte orizzontali. Facciamo come quel cacciatore (fig. 167) che dopo aver mirato un oggetto posto sopra un monticello, spiana poi il fucile parallelamente al piano dell'orizzonte e mira al piede ideale dell'oggetto prolungato verticalmente all'ingiù fino ad incontrare questo piano.

Con tale *riduzione all' orizzonte* (è questo il termine consacrato dalla pratica), si avrà un complesso di linee la cui riunione formerà una certa figura piana, che in geometria chiamasi poligono. Ciò posto, tutte le cure dell'ingegnere saranno rivolte ad ottenere sulla carta una figura perfettamente simile alla figura reale, di modo che le dimensioni di tutte le linee che la compongono conservino fra loro le stesse proporzioni.

La figura 168 vi rappresenta il teatro delle operazioni dell'ingegnere. Le lettere A, B, C, D indicano i punti da lui trascelti; le linee ideali che li

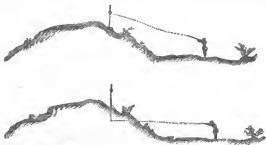



Fig. 167. Rappresentazione della riduzione all'orizzonte.

congiungono sono anch'esse rappresentate nel disegno e formano varii triangoli. — Fissiamo la nostra attenzione sur uno di essi, per esempio sul triangolo A B C. Spero che l'unione di queste tre lettere non vi adombri e che vi adatterete a chiamare A la radice di quel bel pioppo, B un segnale piantato nel terreno, e C la cima di quel campanile che domina la pianura. Servendosi della catena metrica, l'ingegnere fa misurare dai suoi canneggiatori la distanza A B. Poscia ei dovrebbe misurare le altre due distanze AC e BC; ma a risparmio di fatica ed anche per evitare gli ostacoli che vi fossero per via, quali sarebbero muri, siepi, roccie, torrenti, terreni paludosi od altro, ei ricorre a un altro mezzo. Ei si colloca in A con uno strumento (detto *grafometro*) che serve a misu-

e in tre tratti vi darebbe il triangolo A B C (fig. 170), in dimensioni ridotte sì, ma perfettamente simili a quelle del triangolo ideato sul terreno. —

È forse mestieri ch'io vi dica che a questo triangolo se ne collega un secondo e un terzo e tutti gli altri insomma? E perciò non occorre misurare direttamente altre lunghezze: basta misurare due angoli per ciascun nuovo triangolo. Disegnandoli assieme sulla carta avremo (fig. 171) la rete topografica di cui parlavamo poc'anzi. —

Fissata per tal guisa sulla carta la posizione dei punti più notevoli del terreno, bisogna poi completare il disegno per averne un'immagine fedele.

Fig. 170. Costruzione di un triangolo.

Diremo forse quali e quante operazioni sieno a ciò necessarie? quante fatiche debba sostenere l'ingegnere prima d'aver ottenuto l'intento? No, poichè temiamo d'aver fin troppo abusato della pazienza del lettore. Passeremo invece ad accennarvi brevemente la seconda operazione ch'ei deve fare, la *livellazione del terreno*.

L'argomento, chi lo crederebbe? è poetico. Difatti io ricorrerò ad uno sforzo della vostra immaginazione, per invitarvi a supporre per un momento che la superficie dei mari, il cui livello è generalmente più basso di quello dei continenti, si estenda invece anche al disopra di tutte le montagne. Che cosa avverrebbe in tal caso? la Terra sarebbe un'immensa sfera, ben liscia, senza prominenze, senza avvallamenti di sorta. E grazie alle enormi dimensioni del nostro pianeta (enormi, bene inteso, rispetto a noi che le abitiamo) una breve porzione della sua superficie non ci sembrerebbe incurvata, ma piana perfettamente, tanto

Fig. 171. Rete topografica.

è ai nostri occhi insensibile la curvatura della Terra. Un esempio di ciò lo abbiamo, considerando un breve tratto di mare o di lago.

La superficie dei mari, prolungata idealmente come abbiam detto per entro ai continenti, serve da piano di confronto nella misurazione delle varie altezze dei punti del suolo. Ciò vi spiega quel detto così comune: il tale edificio è alto tanti metri sul livello del mare, il monte Bianco esempligrazia è alto 4798 metri partendo dal livello del mare.

L'acqua, quando innonda una città e vi si mette stagnante, ci indica la giacitura dei vari punti della città. Se l'acqua toccava la soglia di una porta, e poi, crescendo e di nuovo stagnando, sfiora una seconda soglia, potremo dire che l'alzamento dell'acqua misura l'elevazione della seconda soglia sulla prima.

Ora comprenderete quel che si debba intendere per altezza relativa di un punto rispetto ad un altro. Dire che la vetta d'un monte è di 1000 metri più elevata in confronto ad altro monte, vuol dire che sarebbe mestieri che vi fosse un'altezza d'acqua di 1000 metri sopra la cima del secondo monte, affinchè uno sterminato allagamento portasse l'acqua stagnante a sfiorare il sommo del monte più alto.

A stabilire le altezze relative dei varii punti del terreno sono indispensabili due strumenti: *la biffa* (fig. 172) ed *il livello* (fig. 173). La prima è un'asta di legno graduata, lunga 2 o 4 metri; sovr'essa può scorrere un pezzo di legno o di metallo detto *scopo* di forma rettangola, che si dipinge coi vivaci colori (bianco e rosso o bianco e nero) nel modo indicato dalla figura, in guisa che il punto di mezzo sia distintamente visibile anche a grande distanza. Il secondo poi, il livello, nella sua massima semplicità, è composto dall'unione di due vasi di vetro fra loro comunicanti; riempiuti d'acqua i due vasi, l'acqua si equilibra nel loro interno e l'occhio che dirige la visuale, radendo le superficie di livello dell'acqua nei due tubi, è certo ch'essa è *orizzontale* ossia parallela al piano dell'orizzonte.

Queste poche nozioni ci sono ora sufficienti a stabilire di quanto il punto A (fig. 174) sia più elevato del punto B. A tal uopo basta piantare il livello sul terreno, circa a metà distanza fra questi due punti; assistiti dal *biffante* faremo collocare la biffa prima in A e poscia in B, dirigendo tutte le due volte la visuale radente gli orli delle superficie liquide dei vasi comunicanti.

Il biffante, istruito precedentemente, tiene verticale la biffa e, seguendo i cenni dell'ingegnere che tragnarda attraverso il livello, alza od ab-

bassa lo scopo fino a che è avvertito, da un segno convenzionale, che la visuale, guidata come abbiam detto or ora, batte precisamente nel centro dello scopo. Prima di muovere la biffa dal punto A, il biffante osserva a quale delle divisioni segnate sulla biffa corrisponda il centro dello scopo, e ne tien nota in apposito registro; ripete quindi la

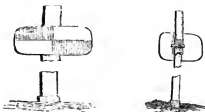



Fig. 172.
Biffa veduta di fronte. Biffa veduta posteriormente.

stessa operazione nel punto B. Supponiamo ad esempio che quando la biffa era in A il centro dello scopo fosse elevato $0^m, 69$ su quel punto e che trasportata in B la biffa e mosso lo scopo sia

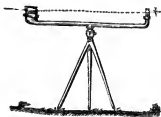



Fig. 173. Livello a tubi comunicanti.

stato necessario portarlo all'altezza di $1^m, 87$; ebbene l'altezza di $1^m, 18$, di cui si dovette elevare lo scopo nella seconda posizione, costituisce appunto la differenza fra le due altezze, ed esprime evidentemente l'altezza del punto A sopra il punto B.

Non crediate però che la bisogna proceda sempre tanto speditamente come l'abbiamo qui accennata; anzi ben poche volte l'ingegnere adopera un livello così semplice come quello ora descritto (1);

(1) Il livello a tubi comunicanti può essere utilmente impiegato quando la distanza fra l'osservatore e la biffa non eccede i 30 metri, trattandosi di distanze maggiori convien far uso di *livelli* più esatti. Generalmente si dà la preferenza al *livello a bolla d'aria* che si compone d'un

Fig. 175.

acque è evidentemente una linea di livello; supponiamo poi che l'innondazione vada crescendo a poco a poco; fermiamoci a considerare la curva che segna il limite delle acque sulle terre quando l'innondazione siasi alzata di 5 metri, considereremo poi la curva che si presenta quando l'acqua sarà cresciuta d'altri 5 metri o così via. Siccome tutte queste curve sono perfettamente piane, così potremo disegnarle successivamente sulla carta; otterremo allora un complesso di linee (fig. 176), a primo aspetto assai bizzarro, ma facile a comprendersi dopo quanto abbiam detto. La prima curva indicherà tutti i punti alti 0, ossia posti sulla prima curva; la seconda quelli alti 5 metri sulla prima, la terza quelli alti 10 sulla stessa e via dicendo.

Segnate le curve di livello, l'ingegnere introduce nel disegno altre indicazioni: vi indica, a tratteggi, i monticelli, le colline, i fiumi, i torrenti, le case e talvolta anche gli alberi. La figura 177 rappresenta appunto un *piano quotato* con le indicazioni topografiche più importanti; in esso scorgonsi i varii punti A, B, C, D.... nei quali fece successivamente stazione l'ingegnere nel corso della triangolazione del terreno; scorgonsi pure le sinuose *linee di livello* con le quote 5, 10, 15.... ad esse relative. Quanto più esse sono distanti, tanto meno è erto il terreno fra esse compreso; il tratteggio più o meno fitto serve pure ad indicare la maggiore o minore pendenza del suolo. Gettando uno sguardo sulla figura 177, ciascuno comprenderà che i punti A e B sono su terreno pochissimo inclinato, mentre il punto C sta in vetta ad una collina ed il punto D trovasi sull'alto di un dirupo scosceso.

Fig. 176. Curve di livello.

Abbiam detto precedentemente che, in molti casi, più linee ad un tempo possono sembrare egualmente convenienti per la nuova ferrovia; è quindi necessario stabilire quale fra quelle linee debba essere preferita.

La fig. 177 ne indica una: è la linea nera che traversa quasi diagonalmente il disegno, inflessa dolcemente in vicinanza al punto A. Gli studi topografici ed altimetrici servono a determinare la natura e l'importanza dei lavori da eseguirsi: in quali punti la ferrovia passerà a livello del suolo, in quali e di quanto sarà in rialzo od in escavo sul suolo circostante.

Questi studi servono alla compilazione d'altro disegno: il *profilo di livellazione*, il quale rappresenta l'andamento del terreno lungo la direzione della linea prescelta e segnata sul piano topografico. Tale profilo, fatto nel senso della lunghezza della strada, dicesi *profilo longitudinale.*

Esso ottiensi notando i punti in cui la *linea*

Fig. 177. Piano quotato e traccia della ferrovia.

prescelta incontra le varie curve di livello e segnando sul disegno questi punti con le distanze orizzontali in cui si trovano e le quote altimetriche ad essi relative. Queste ultime sono pure segnate nella figura 178, o le punteggiate con a piedi i numeri, 0, 5, 10, 15.... indicano che il punto cui esse corrispondono superiormente è alto 0, 5, 10, 15 metri dal piano di confronto. Grazie a questo nuovo disegno l'ingegnere può calcolare l'importanza dei principali lavori. Così ad esempio, supponendo che la strada da costruirsi debba essere tutta in piano orizzontale, si conduce in primo luogo una retta orizzontale dal punto di partenza; ecco allora rendersi anzitutto necessario (fig. 178) un escavo o *trincea* nel terreno, poi un breve rialzo, che va ad incontrare un primo ponte sul fiume, quindi altro breve rialzo, altro escavo ed altro ponte su cui la ferrovia varcherà il secondo ramo del fiume; subito dopo la ferrovia incontra il monticello segnato nel piano topografico con la lettera D, e qui la profondità che dovrebbesi assegnare all'escavo fra le terre, essendo troppo grande e dispendiosa, l'ingegnere trova più opportuno sostituirvi un sot-

terraneo o galleria, e così avanti; non solo il disegno fornisce dati sul genere dei lavori da farsi, ei serve pure ad indicarne l'importanza, poichè contenendo esso le quote di molti punti del terreno, si può colla sola scorta del disegno calcolare approssimativamente il volume degli escavi, dei rialzi, le dimensioni dei ponti, la lunghezza delle gallerie. — Ove il profilo longitudinale non fosse sufficiente a dare una chiara idea dei lavori da farsi, converrebbe eseguire altri profili che diconsi *profili traversali*, i quali rappresentano la figura che si otterrebbe facendo un taglio nel terreno in direzione perpendicolare alla linea prescelta.

Fig. 178. Profilo longitudinale del terreno e studio d'una linea orizzontale.

La figura 179 mostra uno di questi profili traversali. Il tratteggio a linee verticali e parallele indica la porzione di terra che dovrà essere scavata, l'altro tratteggio a linee più fitte indica la figura che vuolsi assegnare all'escavo.

Quando, come in quest' ultimo caso, la strada si apre entro le terre mercè un escavo, si dice che la *strada è in trincea;* quando invece la strada

Fig. 179. Profilo traversale in trincea.

trovasi in rialzo sulle campagne circostanti, essa dicesi in *argine*.

Ma torniamo ai nostri profili. Dopo aver fatto il calcolo dei lavori e quindi della spesa necessaria a costruire la strada orizzontalmente, e prima di prendere una decisione, l'ingegnere studia altri profili nei quali i tratti orizzontali trovansi alternati con tratti in pendenza; ovvero procede con una sola pendenza.

La fig. 180 ne mostra un profilo siffatto. Come ciascun vede, in tal caso il primo lavoro è un escavo, poi un ponte, quindi una galleria, dopo la quale succedonsi un rialzo, un escavo ed un altro rialzo.

La fig. 181 invece contempla lo stesso profilo studiato con inclinazioni diverse allo scopo di fa

diminu
terra
zioni
Se f
forti,
pliche
biamo
che n
oppor
spese
quelle
quind
ferro
Ed

gli
res
co
pi
tr
ne
es
L

quando la strada è in ascesa, tanto la locomotiva quanto il convoglio tendono naturalmente a discendere, la locomotiva deve non solo impedirgli questa discesa, ma deve anzi farlo progredire sulla salita, e perciò deve esercitare uno sforzo tanto maggiore quanto più erto è il pendio che si tratta di superare. Non basta: tutto lo sforzo che può esercitare la locomotiva, dipende dall'aderenza fra le sue ruote e le rotaie, e quest'aderenza, come abbiamo già detto, è prodotta unicamente dal peso della locomotiva. Ora, quanto più è erto il pendio, tanto minore è la pressione che la locomotiva esercita sulle sottostanti rotaie (perchè una parte del peso tende a far discendere la locomotiva lungo quel pendio, e quindi tanto minore è il peso che preme sulle rotaie), e quindi tanto minore risulta l'aderenza, la quale rappresenta la forza di cui si può disporre per far salire il convoglio. Ecco dunque sorgere il bisogno di aumentare l'aderenza; aumentando le dimensioni della locomotiva, se ne aumenta il peso e quindi anche l'aderenza; ma allora la locomotiva deve consacrare una parte non indifferente della propria forza a metter sè stessa in movimento, e quindi tanto meno forza rimane disponibile per trascinare il carico utile ch'essa deve mettere in movimento. Sopra una salita molto pronunciata, tutto lo sforzo di cui è capace la locomotiva verrebbe consumato inutilmente, poichè la locomotiva sarebbe appena in grado di trascinar sè stessa. Nessuno vorrà costruire una ferrovia pel puro piacere di farvi viaggiare a stento una locomotiva; ecco dunque che la natura del problema impone un limite nella scelta delle pendenze.

Aggiungi poi che quanto più è sensibile la pendenza che si tratta di superare, tanto maggiore dovrà essere lo sforzo della locomotiva; per sviluppare questo maggiore sforzo, è necessario impiegare locomotive ben più potenti di quelle che si adoperano nelle strade orizzontali o poco inclinate; queste locomotive più potenti saranno necessariamente molto più costose delle altre e consumeranno una quantità di combustibile ben maggiore di quella necessaria sulle strade piane o lievemente inclinate (1). Aggiungi inoltre che quanto maggiore è il peso della locomotiva che deve percorrere una ferrovia, tanto più robuste devono essere le rotaie sulle quali essa deve scorrere, ed anche questa maggior robustezza delle rotaie si traduce in un sensibile aumento di spesa a scapito delle salite molto pronunciate; se non vi basta, vi diremo ancora che per quanto sieno robuste quelle rotaie, tuttavia esse si logorano ben più rapidamente di quelle collocate sopra ferrovie orizzontali, e che perciò a tutte le maggiori spese già accennate convien pur aggiunger quella derivante dalla più frequente rinnovazione delle rotaie.

D'altra parte non convien dimenticare che adottando forti pendenze si possono conseguire notevoli risparmii nella spesa occorrente per la costruzione della ferrovia; ed invero con pendenze molto pronunciate si possono evitare completamente o rendere molto meno dispendiosi i grandi movimenti di terra (riporti o trincee), le grandi opere d'arte (ponti, viadotti, gallerie). — Vi son quindi buone ragioni che militano a favore e buonissime ragioni che militano contro la adozione delle forti pendenze; a qual partito dovrà dunque appigliarsi l'ingegnere? Ei dovrà scrupolosamente valutare tutti i pro e tutti i contro, dovrà capitalizzare le annue spese richieste dall'esercizio della ferrovia con forti pendenze e paragonare questo capitale con quello che si economizzerebbe costruendo la strada con forti pendenze; l'economia finale sarà la sua guida. — Nell'istituire questi confronti l'ingegnere dovrà tener calcolo della maggiore o minor quantità di trasporti e quindi della frequenza di convogli che vi dovrà essere sulla ferrovia che sta progettando; le annue spese dell'esercizio saranno necessariamente tanto più rilevanti quanto più frequenti saranno i convogli e quindi in tal caso riescirà conveniente largheggiare nelle spese di costruzione e tenere assai basso il limite delle pendenze; se all'incontro la nuova ferrovia dovrà essere percorsa da uno scarso numero di convogli, allora capitalizzando le spese annue richieste dai medesimi si potrà forse riconoscere la convenienza di economizzare quanto più è possibile nella primitiva costruzione.

Gli ingegneri che costrussero le prime grandi ferrovie tolleravano tutt'al più le pendenze del cinque per mille; ossia quelle pendenze nelle quali la strada sale o scende, a seconda del caso, di 5 millimetri per ogni metro orizzontale di strada. Per conseguenza volendo guadagnare con la fer-

(1) Il lettore potrà riconoscere a colpo d'occhio quale e quanta sia l'influenza esercitata dalle pendenze nella spesa del combustibile occorrente per l'alimentazione delle locomotive, quando saprà che nel 1868, sulla rete delle ferrovie dell'Alta Italia, ogni chilometro percorso dai convogli, sulle ferrovie di pianura, richiese, pel combustibile, una spesa di L. 0.37, mentre sulla ferrovia della Porretta (sulla quale la pendenza media è all'incirca del 25 per mille) la spesa di combustibile fu di L. 1.01, e sulla linea dei Giovi (sulla quale sonvi alcuni tratti coll'inclinazione del 35 per mille) la spesa di combustibile raggiunse L. 1,64, ben più del quadruplo della spesa occorsa sulle ferrovie di pianura.

rovia una data differenza di livello, era mestieri sviluppare la strada per una lunghezza eguale a 200 volte quella differenza di livello; così una differenza di livello di 5 metri richiedeva una strada lunga un chilometro, una differenza di livello di 50 metri richiedeva 10 chilometri di strada e va dicendo. Ciò non arreca gravi inconvenienti finchè il territorio attraversato dalla ferrovia è poco onduiato, e quando i due punti che si tratta di congiungere trovansi a distanza maggiore di quella risultante dalla differenza di livello fra i medesimi e dalla massima pendenza adottata; ma la questione diventa ben più spinosa quando il terreno è molto ondulato e la distanza effettiva fra i due punti è minore di quella testè accennata. L'ondulazione del terreno impone costosi movimenti di terra, costose opere d'arte; la minor distanza effettiva costringe l'ingegnere a far percorrere alla ferrovia lunghi giri viziosi, per guadagnare in tal modo la differenza di livello fra i due punti estremi, senza tuttavia superare la pendenza del 5 per 1000; questi giri viziosi aumenterebbero evidentemente tanto la spesa di costruzione della strada quanto quella dell'esercizio, quanto ancora la durata del viaggio. Questi motivi indussero gl'ingegneri a rendere ognor più potenti le locomotive e ad adottare anche pendenze superiori al limite massimo poc'anzi ripetuto.

Quando poi si tratta di stabilire una congiunzione ferroviaria fra due importanti tronchi disgiunti da alte catene di montagne, allora l'adozione di forti pendenze diventa, in alcuni tratti, un'assoluta necessità.

Menzioneremo alcune fra le ferrovie europee dotate di pendenze molto pronunciate. La ferrovia spagnuola, che mette al golfo di Biscaglia, ha nella sezione dei Pirenei la pendenza massima del 15 per 1000 per un tratto non interrotto di 9151 metri. Sulla ferrovia da Stoccarda ad Ulma, la locomotiva traversa le Alpi Wirtemberghesi con la pendenza massima del 22 per 1000. La strada Sassone-Bavarese da Neuen-markt a Marktschorgast varca i Fichtelgebirge (monti che separano il bacino del Meno, affluente del Reno, dal bacino della Saala, affluente dell'Elba) con una pendenza massima del 25 per 1000, estesa ad un tratto lungo 5400 metri. L'egual pendenza massima si riscontra enlla ferrovia Trieste-Vienna, la quale supera le Alpi Noriche al colle del Semmering, fra Mürzzuschlag e Gloggnitz; il più lungo tratto dotato di quella forte pendenza misura 3170 metri. La pendenza massima del 25 per 1000 si riscontra pure sulla linea Verona-Monaco, che attraversa le Alpi Retiche al colle del Brennero fra Bolzano ed Innsbruck. La ferrovia centrale Svizzera attraversa

una *grande linea* ferroviaria (1) nel continente europeo.

Queste ferrovie costrutte in terreni montuosi, con pendenze tanto pronunciate, richiedono, come abbiam detto più sopra; l'impiego di speciali locomotive atte a sviluppare rilevante sforzo di trazione, e che perciò appunto riescono molto dispendiose (vedi la nota a pag. 252). L'impiego di queste *locomotive*, che diconsi di *montagna*, riesce vantaggioso unicamente perchè stabilisce la continuità su quelle linee in cui il movimento ei dei viaggiatori come delle merci è attivissimo; ma non sarebbe certo conveniente l'adottare pendenze tanto pronunciate qualora il movimento non fosse molto grande, e la locomotiva speciale che si impiega nelle salite, dovesse percorrere l'intiera lunghezza della linea (2).

Se tali e tanti sono gli inconvenienti che s'incontrano dovendo salire una pendenza, non sono certo minori quelli che si presentano poi nelle rapide discese. Allora i carri, per effetto della gravità, discenderebbero con celerità grandissima, e il più piccolo urto, il menomo sviamento produrrebbero disgrazie terribili; ecco adunque come anco da questo lato non conviene ammettere forti pendenze. Sopra le pendenze minori si può moderare a talento, mediante i freni, la velocità della discesa e prevenirne per tal guisa gli effetti disastrosi.

Prima di farla finita col discorso delle pendenze vi diremo ancora che esse vogliono essere evitate assolutamente nell'interno delle stazioni, poichè altrimenti si andrebbe incontro a gravi pericoli. E più volte si verificò il caso di carri, che trovandosi in una stazione in pendenza, furono spinti dal vento ed acquistando grande velocità per la discesa, urtarono con violenza un convoglio che veniva in opposta direzione; dando quindi origine a tutti i disastrosi effetti d'un formidabile urto.

Passiamo ora a discorrere d'altro scoglio che si incontra assai di frequente nella costruzione delle ferrovie, vogliam dire delle curve. È ovvio il comprendere che tanto per la brevità della strada, quanto per rendere meno probabile gli scontri dei convogli, il meglio sarebbe costruire la ferrovia da un capo all'altro in linea retta, o come dicesi, in *rettilineo*. Ciò sarebbe possibile qualora i due estremi della linea fossero separati da sconfinata e deserta pianura, ma questo caso si verifica ben raramente, forse soltanto nelle vergini pianure americane. Sul continente europeo, le ferrovie sono obbligate a deviare continuamente, ora a destra ora a sinistra, sia per avvicinarsi alle frequenti stazioni intermedie, sia per scansare grandi e dispendiosi lavori che verrebbero imposti dalla presenza di ostacoli derivanti dalla natura del suolo, dalla giacitura delle colline e delle vallate, o dalla presenza di grandi edifici la cui demolizione sia reputata dannosa e inopportuna. Per conseguenza una gran linea ferroviaria, considerata relativamente alla sua direzione, presenta una successione di tratti rettilinei più o meno lunghi; siccome poi due linee rette incontrandosi formano un angolo e danno quindi origine ad un repentino cambiamento di direzione che sarebbe incompatibile col movimento che si effettua sopra rotaie, così è mestieri congiungere i tratti rettilinei della strada mediante linee curve. Per tal modo si passa quasi insensibilmente da una direzione all'altra.

Fra le infinite curve che possono congiungere due rettilinei si presceglie, generalmente, l'arco di cerchio, poichè presenta uniforme curvatura in tutti i suoi punti; rimane però indeterminato il modo con cui quest'arco dovrà congiungere le due rette. È evidente infatti che queste ultime possono essere fra loro congiunte in modi ben diversi; a seconda che si sceglierà una curvatura più o meno pronunciata, il passaggio da una retta all'altra sarà più o meno sensibile. Osserviamo infatti la fig. 182 sulla quale vediamo due tratti

(1) Nel 1866 fu aperto in Francia un tronco ferroviario di secondaria importanza fra Enghien e Montmorency, lungo complessivamente poco meno di tre chilometri; sul quale si incontra un tratto, lungo 1037 metri, con la pendenza del 45 per mille; le potenti locomotive Petiet (che unitamente al *tender* pesano 35 tonnellate) rimorchiano, su quel tronco, dei convogli del *carico lordo* di 65 tonnellate con la velocità di 25 chilometri all'ora senza punto abbisognare di speciali organi di aderenza.

(2) Il seguente prospetto dimostra chiaramente come al crescere della pendenza diminuisca, con rapida progressione, il carico lordo che può essere rimorchiato dalla locomotiva. Quando la locomotiva è delle più potenti ed il convoglio si muove con la velocità di 20 chilometri all'ora, il peso del carico lordo rimorchiato, espresso in tonnellate, può essere di:

570	sopra strada	con la	pendenza di	0	millim.	per metro
270	»	»	»	5	»	»
170	»	»	»	10	»	»
120	»	»	»	15	»	»
90	»	»	»	20	»	»
70	»	»	»	25	»	»
60	»	»	»	30	»	»
50	»	»	»	35	»	»
40	»	»	»	40	»	»
30	»	»	»	45	»	»
20	»	»	»	50	»	»

rettilinei congiunti in modo diverso, mediante archi di cerchio.

Non occorre essere profondi matematici per giudicare che l'arco B M C ha una curvatura molto meno pronunciata dell'altro arco *bmc*. Si comprenderà facilmente, esaminando la figura, che la curvatura in questione sarà tanto più forte quanto più piccolo sarà il di lei raggio (la linea O B è il *raggio* dell'arco B M C, la linea *ob* è il raggio dell'arco *bmc*). Se, come indica la figura, il raggio BO è più che doppio del raggio *bo*, la curva BC avrà una lunghezza più che doppia della curva *bc*, e quindi il passaggio sulla seconda curva sarà molto più sensibile del passaggio sulla prima. Quale delle due curve meriterà la preferenza? La soluzione di questo problema varia molto a seconda dei casi. Nelle strade ordinarie si possono ammettere curve del raggio di soli 25 metri; ma sulle ferrovie, le

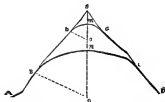



Fig. 182. Curve d'unione di due rettilinee.

curve devono essere tracciate con raggio molto maggiore, possibilmente si assegnano loro 1000 metri di raggio; però, nelle linee di pianura, non si ammettono mai o quasi mai curve di raggio inferiore ai 500 metri. Nelle ferrovie di montagna conviene scendere ancor più basso, per scostarsi quanto meno è possibile dall'andamento naturale del terreno. Nella traversata dell'Apennino ligure, fra Novi e Genova, son frequenti le curve di 400 metri di raggio; l'Apennino è varcato in più punti dalla ferrovia Roma-Ancona con curve del raggio di 350 metri; sulla ferrovia Bologna-Pistoia la locomotiva percorre curve di 300 metri di raggio; nella parte montuosa della ferrovia Trieste—Vienna si incontrano frequentemente curve aventi solo 180 metri di raggio. In vicinanza o nell'interno delle stazioni si hanno curve di raggio ancor più piccolo, poichè in questi tratti i convogli e le locomotive si muovono poco velocemente; però quelle curve non potrebbero certamente essere tollerate in quei tratti di strada sui quali passa la locomotiva a tutta velocità.

Ma perchè debbonsi seguire queste norme nell'assegnare il raggio delle curve? A questa domanda

aumenta non solo al crescere della velocità, ma bensì anco quanto più è piccolo il raggio dell'arco descritto dal corpo che si muove. Per tal motivo, una carrozza che si muova lungo una curva, si rovescia tanto più facilmente quanto più è sensibile la curva e quanto più veloce è il moto dalla carrozza.

Il che si comprende riflettendo che la forza centrifuga sviluppatasi può essere tanto grande da superare la resistenza opposta dal peso della carrozza. Una carrozza che si muovesse sopra una curva di piccolo raggio con grande velocità rovescerebbe adunque certamente, per effetto della forza centrifuga; i convogli trascinati dalle locomotive, animati di ben maggiore velocità, rovescerebbero infallibilmente qualora dovessero muoversi celeremente, sopra una curva di piccolo raggio. Per tal motivo quando la locomotiva percorre una curva, il meccanico è obbligato a rallentare il rapido movimento della macchina, questa deve muoversi tanto meno rapidamente quanto più sentita è la curva; perciò quelle linee ferroviarie che presentano curve molto pronunciate, ossia di raggio inferiore ai 1000 metri, non possono essere percorse dai convogli con quella straordinaria velocità (persino 80 chilometri all'ora) che è pur ammissibile quando il convoglio viaggia sopra rettilinei o sopra curve di raggio molto grande.

Ma non basta: l'inconveniente ora accennato non è l'unico; la particolar costruzione dei carri destinati a muoversi sopra una ferrovia impedisce anch'essa l'adozione di curve molto sentite.

Nelle carrozze ordinarie il movimento d'una ruota è indipendente da quello dell'altra, essendo entrambe girevoli intorno all'asse; all'incontro, tutti i carri muoventisi sopra le ferrovie, per condizioni speciali delle quali discorreremo in appresso, esaminando partitamente il materiale mobile, devono portare ruote fissate sull'asse per modo che le ruote e l'asse formano un corpo solo, ed una ruota non può muoversi senza mettere in movimento anche l'altra. Notiamo ora che nelle curve d'una ferrovia la rotaia esterna, ossia la più discosta dal centro, ha evidentemente una lunghezza maggiore della rotaia interna, come facilmente si scorgerà esaminando l'unita figura (fig. 184) nella quale l'arco esterno A B risulta manifestamente più lungo dell'arco interno CD. La differenza fra le lunghezze di questi due archi risulta tanto maggiore, quanto più sensibile è la loro curvatura; o, in altri termini, quanto più piccolo è il loro raggio. Or bene, la solidarietà che hanno le due ruote fissate sopra ciascun asse, obbliga l'una ad eseguire il preciso numero di giri dell'altra, la qual cosa non produce inconveniente alcuno quando la strada e quindi le rotaie sono rettilinee, ma è invece di grave momento quando queste seguono una curva; poichè allora se la ruota che si muove sulla rotaia interna circola come se fosse indipendente, essa obbliga anche l'altra ruota a fare lo stesso numero di giri; per conseguenza la ruota che si muove sulla rotaia interna, pur continuando a girare, è in pari tempo costretta a sdrucciolare, sulla sottostante rotaia, di quanto è necessario a compensare la maggior lunghezza della rotaia esterna rispetto alla rotaia interna.

Se non sdrucciola la ruota esterna, sdrucciolerà invece, in verso opposto, l'interna, oppure sdruccioleranno un po' l'una e un po' l'altra, ma in opposta direzione. Questo inevitabile sdrucciolamento produce un attrito fra la ruota e la rotaia, attrito che ha per effetto di logorare e l'una e l'altra e di rendere necessario un maggior dispendio

Fig. 184. Influenza della solidarietà fra le due ruote nel percorrere una curva

di forza per mettere i carri in movimento. Siccome quest'inconveniente risulta tanto più forte quanto più è sentita la curva, così ne viene la conseguenza che per diminuirlo quanto più è possibile, convien assegnare grandi raggi alle curve delle strade ferrate.

Possibilmente, devonsi evitare le curve nell'interno delle *trincee* e delle *gallerie*, poichè in esse il meccanico che dirige i movimenti della locomotiva, e quindi quelli dell'intero convoglio, potrebbe non vedere, anche a piccola distanza, gli ostacoli che vi fossero sulla via e che potrebbero produrre le più fatali conseguenze.

Concludiamo: l'avvenire economico e la sicurezza d'una ferrovia dipendono per la massima parte da una ben ponderata scelta di pendenza e di curve; quindi l'ingegnere deve porre in opera ogni studio per rinvenire quelle pendenze e quelle curve che possono conciliare una benintesa economia nella costruzione, con l'economia e la sicurezza dell'esercizio.

Ecco dunque stabilita definitivamente la via che dovrà essere percorsa dalla vaporiera. Si può seguirne l'andamento in mezzo ai campi, in vicinanza alle borgate, alle città, da un capo all'altro della linea, poichè gli ingegneri hanno segnati sul terreno mediante pali, sagome od altro, i punti più importanti della stessa.

Chi abbia qualche pratica di lavori potrà, passeggiando per la campagna, riconoscere a colpo d'occhio il significato di quei segnali, e potrà dire ove la strada seguirà il naturale andamento del terreno; ov'essa sarà costrutta in *argine*, ossia in rialzo, e dove in *trincea*, ossia in isterro, dove essa penetrerà con *gallerie* nel cuore delle montagne, e dove arditi *viadotti* varcheranno le valli.

Gli ingegneri incaricati dei lavori sono in grado, dopo gli studii eseguiti sul terreno e dopo aver segnato sullo stesso il *tracciamento* ossia l'andamento della linea, di precisare con la massima

XIX.

L'espropriazione per utilità pubblica. — I movimenti di terra. — Il ... I depositi di terra. — Le cave. — Quel che costa il trasporto di un ... non si vede viaggiar...

Dunque, abbiamo compiuti gli studii pel tracciato e bisogna dar mano ai lavori; ma... adagio un po'... la società che vuole costruire la ferrovia deve anzitutto acquistare la lunga striscia di terreno che verrà occupata dalla strada, dalle stazioni, dalle officine e da altri fabbricati. Questo acquisto sarebbe presto fatto e conchiuso, se uno solo fosse il proprietario dei terreni di cui si avrà bisogno per la ferrovia; ma anzichè con un solo proprietario è mestieri contrattare con molti e siccome non tutti si accontentano dell'indennizzo corrispondente al valore effettivo dei loro terreni, ma spessissime volte muovono pretese esagerate, così avviene che l'acquisto dei terreni ossia l'*espropriazione* non procede sempre rapidamente e non tutti i terreni necessarii possono essere acquistati contemporaneamente. Per buona sorte le leggi prevedono il caso di pretese esagerate nei privati, e quando la costruzione della ferrovia è dal governo dichiarata lavoro di pubblica utilità, il governo stesso concede alla società costruttrice il diritto d'espropriazione forzata, ossia l'*espropriazione per utilità pubblica*, che è propriamente il diritto di prender possesso dei terreni valutandoli per stima giudiziaria.

Mano mano che gli *ingegneri espropriatori* acquistano i terreni per la ferrovia, gli ingegneri incaricati della costruzione danno principio ai lavori più importanti, a quelli cioè che richiedono il massimo tempo prima d'essere recati a compimento; tali sono i grandi *lavori* e *movimenti di*

compilazione dei progetti che, a seconda delle loro importanza, spettano all'ingegnere direttore, a quelli di divisione od a quelli di sezione, e della massima vigilanza sull'esecuzione delle singole opere, generalmente affidate ad imprenditori che le assumono sia con *contratti a corpo* (quando si obbligano di consegnare completamente ultimata una data opera od anche una certa lunghezza di strada), sia con *contratti a misura* (quando si obbligano di eseguire i lavori in base ad una *tariffa di prezzi unitarii*).

Tutti questi ragionamenti sull'ordinamento dei lavori, sul personale, sulle imprese, son giustissimi; ma i più impazienti fra i nostri lettori, che vorrebbero già vedere la locomotiva e i convogli in movimento, troveranno che andiam troppo per le lunghe. Ma se vogliamo conoscere precisamente quale sia l'andamento dei lavori bisogna pure che gli esaminiamo nelle loro varie fasi sotto pena di esser più tardi rimproverati di troppe lacune ed oscurità.

Come abbiam già detto, i grandi *movimenti di terra* vanno annoverati fra i lavori più importanti e più lunghi. L'importanza relativa dei lavori di terra varia molto da una linea all'altra a seconda delle maggiori o minori ondulazioni che presenta il terreno, a seconda del prezzo più o meno elevato della mano d'opera, ed a seconda della natura geologica dei terreni, cioè della maggiore o minor difficoltà con cui possono essere smossi.

Così, per esempio, mentre la ferrovia egiziana da Alessandria al Cairo, lunga 230 chilometri non necessitò che piccolissimi movimenti di terra per la regolarità del terreno, e per la tenue differenza di livello fra i due estremi, non essendo il Cairo che a 12 metri sopra il livello del Mediterraneo; sulla linea da Milano a Piacenza il cubo dei movimenti di terra ascese in media a 30500 metri cubi al chilometro, e sulla ferrovia da Londra a Brighton si dovettero in media smuovere 75000 metri cubi di terra per ogni chilometro.

Queste cifre mostrano soltanto la diversa quantità dei lavori di terra sopra varie linee; che se poi volessimo considerare anco la diversa qualità, troveremmo ben altre differenze tra le varie linee e persino tra i varii tratti d'una stessa linea: qua i terreni sono di buona qualità, cioè tenaci e consistenti; là invece sono cattivi, cioè mobili, scorrevolissimi, pantanosi e sarà mestieri andare incontro a forti spese per consolidare le *scarpe* tanto negli argini quanto nelle trincee. In alcuni tratti il terreno su cui si dovrà costruire un argine è tanto paludoso e cedevole che affonderà sotto al peso delle terre e ne inghiottirà quantità molto maggiore della prevista, necessitando grandi spese e causando forse ritardi sensibili nel compimento del lavoro, per l'apertura della linea; altrove converrà escavare una trincea nella roccia: in questo caso, alla forza degli operai farà duopo aggiungere quella tanto potente della polvere, e questa mostrerà alle popolazioni che se i tiranni se ne giovano come mezzo di distruzione, gli ingegneri ne traggono partito per aprire la via a facili comunicazioni per affratellare i popoli e diffondere la civiltà.

Da questo breve quadro della varia natura dei terreni che si possono incontrare, comprenderete facilmente come per istabilire i preventivi delle spese non basti consultare i profili della strada fatti per lungo e per largo, non basti cioè l'avere un ritratto geometrico del terreno, ma occorra inoltre conoscerne bene le qualità; conoscere quale sia la sua consistenza, quale azione potranno avere sovr'esso le pioggie, i geli, i disgeli, i passaggi dalle alte alle basse temperature, elementi tutti di somma importanza, poichè l'ingegnere non deve pensare soltanto a costruir bene la strada, ma benanco ad assegnare alla stessa quelle dimensioni che valgono ad assicurare alla strada una durevole stabilità. — Così, ad esempio, molte volte si incontrano rocce che a primo aspetto sembrano dure e consistenti, ma che per l'azione continuata delle piogge e dei geli si sfaldano e franano ingombrando quindi le rotaie, necessitando poi costosi lavori e dando origine, quando non si provveda a tempo, a terribili disgrazie. Ecco dunque che l'ingegnere dovrà studiare accuratamente la natura dei terreni, dovrà fare in essa degli assaggi e giovarsi per le sue conclusioni di tutti i suggerimenti fornitigli dalle scienze.

Parlando del tracciamento, abbiamo già detto cosa si intenda per argine e cosa per trincea; quando il suolo è più alto del livello stabilito per la ferrovia è mestieri smuovere tutta la terra o roccia che si trova sopra questo livello, è mestieri eseguire un *escavo*, o come si dice dai tecnici, uno *sterro*, una *trincea;* quando invece il terreno è più basso del livello assegnato alla strada ferrata, è necessario alzare il terreno con l'aggiunta d'altre terre; allora si costruisce un *rialzo*, un *argine*.

Gli argini e le trincee non son cose nuove, e fin dai tempi più antichi se ne eseguirono nella costruzione delle strade più comuni; però nei lavori delle ferrovie gli argini e le trincee raggiunsero proporzioni enormi, in conseguenza di che sorse quasi una nuova industria per eseguire i lavori di terra con la massima rapidità ed economia. Ad onta dei perfezionamenti già introdotti, le maggiori trincee portano spese grandissime e

richiedono parecchi anni prima di essere recate a compimento. A convincervi delle difficoltà inerenti a questo genere di lavori, considerate che dopo avere smossi enormi volumi di terra, convien poi trasportarli fuori dell'escavo e depositarli a poco a poco in luogo opportuno.

Meglio delle parole serviranno le figure. Ecco la figura 186 nella quale è delineata una sezione, ossia un taglio praticato verticalmente nel terreno. — La linea inclinata superiore ne rappresenta l'andamento naturale; le tre linee meglio tratteggiate in nero rappresentano la forma che si vuol assegnare alla trincea; tutte le terre adunque, che sono segnate con tratteggio chiaro dovranno essere escavate a una badilata per volta e traspor-

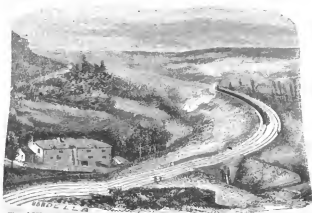



Fig. 185. Tratto di ferrovia in argine ossia in rialzo.

tate fuori della trincea. Se la sua profondità non supera i cinque o sei metri, si escava per primo un fosso (*A*) che di mano in mano si approfonda fino al punto stabilito nel progetto; gli operai entrano in esso e gettano in *a* ed in *b* le badilate di terra che scavano di mano in mano; altri operai trasportano in lontananza i cumuli *a* e *b*. Scavato il fosso A, si incomincia a smovere le porzioni B e C, e le terre da esse provenienti si portan via sopra carriuole. — Quando la trincea abbia maggior profondità (quella ad es. di S. Giorgio fra Verona e Peschiera è in alcuni punti profonda fino a 24 metri) si procede diversamente.

La figura 187 potrà dare un'idea dell'andamento del lavoro: i numeri vi indicano l'ordine progressivo secondo il quale si procede nell'escavo. Praticato il primo escavo, indicato col numero 1, si stende sul suo fondo un binario provvisorio, sul

porteremo innanzi sulla linea della ferrovia, e varranno a formare tratti più o meno lunghi dei rialzi od argini. Se però, nelle vicinanze della nostra trincea, non fossero necessarii argini, trasporteremo quelle terre sui terreni circonvicini a formare dei *depositi*. Qualche volta, all'incontro, le terre estratte dalle trincee non sono sufficienti per costruire gli argini, ovvero non torna conveniente l'impiegarle a tale scopo; sì nell'un caso come nell'altro è necessario aprir *cave* apposite lateralmente alla direzione che dovrà avere il futuro argino e questo verrà appunto costrutto con le terre che si potranno estrarre da quelle cave. Ora quando viaggiando in strada ferrata incontrerete quei sì frequenti abbassamenti pieni d'acqua stagnante od asciutti ma privi d'ogni vegetazione, saprete ch'e' son cave di terra aperte per far gli argini.

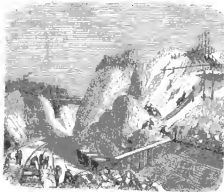



Fig. 188. Escavazione di trincea molto profonda.

Fra le trincee fino ad ora costrutte, merita speciale menzione quella di Tring sulla ferrovia da Londra a Birmingham. Essa è lunga 4000 metri, su 400 dei quali presenta una profondità di circa 16 metri; il volume delle terre che furono da essa estratte importa 1,100,000 metri cubici. Formandone un dado questo avrebbe più di 103 metri di lato e quindi la sua altezza eguaglierebbe quella della più alta guglia del duomo di Milano. Volete farvi un'idea, cari lettori, dell'immenso lavoro e dell'immensa spesa necessarii per escavare quella massa enorme di terra e depositarla poscia lateralmente alla trincea? vi basti sapere che, in media, il solo trasporto di un metro cubo di terra alla distanza d'un chilometro richiede la spesa di 95 centesimi, adoperando carri trascinati da cavalli; 92 centesimi adoperando la locomotiva; e che ben più costoso è l'escavo dei terreni sabbiosi ed acquiferi nelle torbiere e nelle paludi.

Ad aumentare la spesa concorre pure quasi sempre l'incaricamento nella mano d'opera che risulta dalla ricerca dei numerosi operai necessari a compiere il lavoro con quella sollecitudine, che soprattutto è importante, poichè gli immensi capitali richiesti per la costruzione d'una ferrovia rimangono infruttiferi fino a tanto che la strada non è aperta al servizio del pubblico.

Lavorando contemporaneamente ai due estremi della trincea ed impiegando il massimo numero possibile di operai (senza però aumentarli oltre misura, chè finirebbero coll'incagliare più che altro i lavori) non si possono estrarre in media che da 800 a 1000 metri cubici per ciascun giorno.

Dopo avere scavata la trincea, bisogna spesse volte consolidarne le scarpe onde prevenirne i franamenti. Questione questa della massima importanza, per non esporre a pericolo i viaggiatori e per evitare il caso d'interruzione nella circolazione, che necessariamente risulterebbero qualora grandi quantità di terra, franando, andassero ad ingombrare la ferrovia.

Il più delle volte questi franamenti sono prodotti, oltre che dai geli e disgeli, dalla filtrazione delle acque che rendono lubriche le superficie di due strati di terreno di varia natura; i terreni più pericolosi sono gli argillosi i quali, per l'azione delle acque, lasciano scorrere con molta facilità i terreni soprastanti; questi non essendo più sostenuti, come lo erano anteriormente all'apertura della trincea, sdrucciolano al basso. A prevenire siffatti inconvenienti si costruiscono grandi *muraglioni di sostegno* ai piedi delle scarpe; si dispongono, nell'interno delle stesse, tubi di drenatura per facilitare lo scolo delle acque e si eseguiscono piantagioni sulla superficie delle scarpe affinchè le piante, con le loro radici, leghino bene e tengano unite le terre. Tutti questi lavori non sono neppure immaginati dal viaggiatore che vi passa sopra a grande velocità; è un gran che s'egli s'accorge di essere in argine od in trincea, e se è dotato di molta buona volontà, si accorgerà fors'anco della presenza d'un muro di sostegno, ma non ne vedrà le enormi dimensioni, non iscorgerà la profondità della trincea, non osserverà l'enorme distanza che corre fra ciglio e ciglio della trincea nella quale ei si trova, o fra unghia e unghia dell'argine che sta sotto ai suoi piedi e non penserà all'ampia superficie di terreno acquistata per escavare la trincea o per formare la base dell'argine. Credevamo quindi nostro debito discorrere con certa larghezza dei lavori di terra, sui quali però

resterebbe molto e molto a dire, ma.... che direbbero i nostri lettori?

Basta, la faremo finita col lavori di terra presentandovi nn disegno (fig. 188) che rappresenta il lavoro d'una grande trincea. A destra vedete un muro di sostegno la cui costruzione procede di pari passo coll'escavo sui fianchi; più in alto, nn grosso ordito di legname destinato a riparare dalle frane il fondo della trincea; qnest'ultimo porta già le rotaie stabili che frattanto servono al movimento dei carri pei trasporti di terra.

Il castello di legname che occupa la cresta, ossia la parte snperiore della trincea, serve ad agevolare, mediante apposite funi ad esso raccomandate, il movimento di salita e di discesa delle carrinole.

XX.

LE GALLERIE SOTTERRANEE.

Necessità delle gallerie. — Timori immaginari. — Il tracciamento. — La galleria detta del Cenisio. — I *pozzi* e le *finestre*. — Lo *strozzo* ed il successivo ampliamento. — Rivestimenti di muratura. — Costo di alcuni sotterranei. — Loro frequenza sulla linea Bologna-Pistoia e sulla ferrovia ligure di levante. — Lunghezza di alcune importanti gallerie sotterranee sulle ferrovie italiane.

Quanti hanno viaggiato in paesi montuosi, avranno certo osservato che le strade carrozzabili presentano un andamento molto sinuoso, serpeggiante ed inclinato. Della qnal cosa è facile rendersi ragione: per varcare un monte è mestieri ascendere nno dei versanti, fino alla vetta per poi scendere, lungo l'altro versante, con tratti di strada non meno inclinati e serpeggianti fino a raggiungere il piano. Le sinnosità e i serpeggiamenti sono imposti tanto dalla necessità di congiungere mediante tratti curvilinei i tratti rettilinei che si incontrano ad angolo, quanto ancora dall'andamento naturale dei fianchi, ora rientranti ora sporgenti della montagna, andamento che devesi secondare quanto più è possibile per non eseguire lavori troppo dispendiosi. Ma nella costruzione d'una ferrovia siamo vincolati da due condizioni importantissime: non si possono superare che deboli pendenze e non si possono percorrere senonchè le curve poco sensibili, ossia di raggio molto grande. Ecco la costruzione delle ferrovie, specialmente nei paesi montuosi, risnltare dispendiosissima e difficile in ragione dei molteplici lavori d'arte che si rendono necessarii per evitare le forti pendenze e le curvatnre molto pronunciate. Gli argini, i viadotti servono a portare la strada sopra un piano artificiale posto al disopra del piano naturale delle campagne circostanti alla ferrovia; le trincee e le gallerie sotterranee permettono alla locomotiva di percorrere una strada dolcemente inclinata, anche quando i terreni traverso i quali passerà la strada ferrata si trovano più in alto dell'andamento ch'essa deve seguire.

Come abbiamo già detto parlando degli studii che precedono la costruzione d'una ferrovia, si adottano le gallerie sotterranee (anglicamente *tunnel*) ogni qualvolta l'andamento della strada è talmente basso relativamente ai terreni circostanti, che convien meglio aprire nna galleria piuttosto che scavare una trincea molto profonda.

Quelli fra i nostri lettori che non hanno peranco avnto occasione di attraversare una galleria sotterranea se ne formeranno forse uno strano concetto; sogneranno pericoli immaginari, penseranno con raccapriccio alle masse enormi di terre e di rocce che stanno sospese sul convoglio ripieno di viaggiatori, e fremeranno pensando alle gravi sciagure che un franamento, un rovinio di qnelle rocce e di quelle terre, potrebbe produrre; rammenteranno forse che sni primordi delle ferrovie, nel 1834, vi fu chi asserì dalla tribuna, alle Camere francesi, che l'attraversare d'inverno nn sotterraneo avrebbe fatto ammalare la massima parte dei viaggiatori pel repentino passaggio dalla fredda temperatnra esterna alla calda temperatura d'un sotterraneo. Quelli però che hanno già viaggiato traverso a sotterranei, si saranno convinti che questi timori sono imaginarii; e, tranne una leggiera sensazione prodotta dall'aria un po' nmida, dalla oscnrità (mitigata dagli accesi fanali), e dal fragore della locomotiva, che risulta aumentato dalla ripercussione del snono sulle pareti della galleria, appena si saranno accorti di viaggiare sotto terra. Il miracolo delle strade ferrate ha avuto il merito di aprire gli occhi a tutti, di far nascere nelle menti maggior confidenza nei progressi dell'industria

moderna, tanto sinistramente giudicata dagli oscurantisti, nemici della civiltà e del progresso, fautori della peggiore fra tutte le reazioni, la reazione contro gli sforzi dell'ingegno umano.

Con le statistiche alla mano possiam dirvi in tutta coscienza, che viaggiando in un convoglio traverso un sotterraneo, il pericolo è molto minore di quelli che si affrontano in molte altre circostanze della vita nelle quali non supponiamo neppure che vi possa essere pericolo.

Le gallerie non sono a dir vero una creazione dovuta unicamente alle ferrovie: anche prima se ne costruirono alcune nei paesi molto montuosi per aprire un passaggio a strade carrozzabili od a canali; la strada del Sempione, quella dello Spluga e quella del San Gottardo ne presentano parecchie. E queste, sebbene brevissime in confronto a quelle che oggidì si costruiscono, sembravano pure fino a pochi anni or sono, lavori titanici, destavano immensa ammirazione nei viaggiatori e cavavano dalle lor bocche parole d'encomio ai governanti che decretarono opere sì colossali, agli ingegneri che le eseguirono; oggidì si contano nella sola Europa centinaia di gallerie, non poche delle quali sono d'enorme lunghezza, e milioni di viaggiatori le percorrono senza pensare agli immensi sagrifizii d'ogni maniera che esse necessitarono.

È gran che se il colossale lavoro che si è compiuto in vicinanza al monte Cenisio attrae l'attenzione del pubblico per la sua somma importanza, per la enorme sua lunghezza (12,220 metri) e per le numerose difficoltà che per essa si sono dovute superare. Di questa in particolare abbiamo già tenuta parola (Vedi Vol. I, pag. 85): accenneremo ora attraverso a quali fasi passi generalmente la costruzione di una galleria sotterranea.

Quando questa non deve essere molto lunga e passa sotto a qualche collina poco ripida, si incomincia col piantare un segnale a ciascuno dei due sbocchi della futura galleria e quindi altri segnali intermedii sui due versanti della collina nella direzione che si assegnò in progetto alla galleria sotterranea. — Che se questa è molto lunga e traversa una montagna alta e scoscesa, allora si stabilisce in vetta al monte un *osservatorio*, ossia una capanna nella quale si collocano degli strumenti misuratori d'angoli muniti di buoni cannocchiali traverso ai quali si traguarda per poter piantare tutti i segnali nella direzione previamente stabilita. Ciò fatto si incominciano ad attaccare contemporaneamente le due fronti della galleria, ossia si perforano entrambi i fianchi della montagna, come or ora diremo. Siccome però pochi operai soltanto possono contemporaneamente lavorare in uno spazio tanto ristretto quanto lo è un foro di galleria, e che per conseguenza sarebbe mestieri impiegare un tempo lunghissimo prima di portare il lavoro a compimento, così si dovette trovare la maniera di poter lavorare simultaneamente in molti punti. Raggiungesi tale scopo scavando di distanza in distanza un certo numero di *pozzi*, le cui *bocche*, od aperture superiori, si trovano lungo la linea segnata sui due pendii della montagna, o meglio ad alcuni metri dalla stessa per i motivi che vedremo fra breve. Di questi pozzi se ne scavano in numero tanto maggiore quanto più sollecitamente vuolsi compiere la galleria.

Costrutto il pozzo fino alla profondità in cui esso incontra il livello della futura strada ferrata, nell'interno della galleria, gli operai discendono

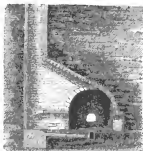



Fig. 189. Sezione trasversale d'una galleria sotterranea e d'un pozzo laterale.

in esso armati dei loro strumenti e muniti di lampade e bussole: le prime sono indispensabili, poichè l'apertura del pozzo non manda al basso che una luce debolissima; le seconde poi servono di guida per stabilire sotterra la direzione che dovrà seguire la galleria. Gli operai si distribuiscono in due gruppi, questi si dividono il lavoro; uno di quei due gruppi scava il terreno a destra, l'altro a sinistra del pozzo. Bene inteso che questa divisione simmetrica di lavoro può aver luogo, quando il pozzo cade precisamente sull'asse della galleria; che se invece ei cade in fianco, bisognerà prima scavare una breve galleria traversale fino a raggiungere il sito della galleria definitiva. Questo secondo sistema è ad ogni modo preferibile, perchè la galleria traversale serve durante i lavori da luogo di deposito per materiali ed utensili, e il salire e scendere degli operai va esente dai pericoli che si incontrerebbero qualora il pozzo cadesse precisamente sull'*asse*, ossia sulla linea passante pel mezzo della

galleria. Lo comprenderete facilmente esaminando la figura 189, che rappresenta una galleria già compiuta con in fianco la canna d'un pozzo tagliata per lungo.

Se durante questi lavori si incontrano sorgenti d'acqua, allora è mestieri estrarla di mano in mano mediante pompe che vengono messe in movimento da macchine a vapore stabilire alla bocca di ciascun pozzo.

Il modo poi col quale si eseguiscono le escavazioni, varia a seconda della natura del terreno; il materiale escavato vien portato presso al fondo del pozzo e depositato in ceste, casse od altri recipienti; una macchina a vapore, del pari collocata alla bocca del pozzo, solleva mediante funi e pulegge tutti quei recipienti carichi di materie escavate, fino alla bocca superiore del pozzo ove trovansi operai incaricati di vuotarli e di depositarne il contenuto sui circostanti terreni. In alcune circostanze, quando ad esempio la galleria è perforata in una montagna in riva al mare, a poca distanza da quest'ultimo, può tornar conveniente l'apertura di *finestre* o brevi gallerie orizzontali che si spingano dalla falda del monte fino alla posizione in cui dovrà poi trovarsi la galleria definitiva; e così si ha molto maggior agevolezza per trasportare, fuor dalla galleria, le materie scavate. Il materiale proveniente dai due estremi della galleria si estrae come quello d'una trincea, ed anche qua, per facilitare il trasporto

Fig. 190.

Fig. 191.

Fig. 192.

Fig. 193.

Costruzione d'una galleria sotterranea.

dei carri ripieni del materiale escavato, si stendono sul suolo delle rotaie provvisorie sulle quali circolano i carri. A seconda della minore o maggior distanza a cui vuolsi trasportare quel materiale, i carri vengono trascinati da uomini, da animali da soma o da locomotive.

Chi ha occasione d'esaminare i lavori di costruzione di una galleria, se ne ricorderà certamente per tutta la vita. — È uno spettacolo che rimane scolpito nella memoria; si discende dalla bocca del pozzo per lunghe scale di legno o per entro a ceste o casse raccomandate ad una solida fune che si va svolgendo da un tornio mosso da

Fig. 194. Facciata d'una galleria sotterranea.

operai o da macchine a vapore; giunti al fondo, la luce del giorno è scomparsa: fatti pochi passi nella galleria, si trova la perfetta oscurità, rotta a quando a quando dalle lampade che ogni minatore tiene con sè: la loro vista richiama alla mente i ciclopi della mitologia; il fragore prodotto dal lavoro degli operai, il suono delle lor voci ripercosso dagli echi della galleria, lo scoppio delle mine, l'aria che si respira pregna d'umidità e di vapori, danno a questo genere di lavori una veste fantastica impossibile a descriversi. Laggiù non si conosce differenza fra giorno e notte, fra festa e giorno di lavoro; i lavori non vengono mai interrotti; le compagnie d'operai si succedono l'una all'altra e mentre l'una riposa l'altra lavora e torna a scavare il terreno ed a trasportare

tare quello già smosso dallo scoppio delle mine, e di mano in mano che procede innanzi l'escavazione, altri operai puntellano le terre mediante travi e tavole, in attesa dei muratori che a poco a poco rivestano di solida muratura tutto il contorno dell' escavo.

I quattro disegni (figg. 190, 191, 192, 193) che vi presentiamo gioveranno a farvi meglio comprendere le varie fasi del lavoro. La fig. 190 rappresenta la prima fase; l'escavazione, che a cose finite avrà per limite la linea punteggiata, limitasi dapprincipio ad un canale detto lo *strozzo* alto tanto da permettere di lavorare ai minatori; gli operai che tengon dietro ai primi allargano il foro, lo puntellano e (fig. 191) incominciano a rivestirlo con solida muratura. La fig. 192 vi mostra la vôlta già bella e terminata e vi indica il progresso del lavoro che si effettua per opera d'un'altra squadra d'operai. Nella fig. 193 si vede l'escavazione quasi compiuta e il lavoro di muratura prossimo al suo compimento; portati i piedritti fino al principio della vôlta, altro non resta che smuovere il masso

Fig. 195. La strada del Semmering.

di terre ancor rimasto nel cuore della galleria e togliere i puntelli e le armature di legno.

Non sempre però è necessario tutto questo lavoro, poichè talvolta s'incontrano terreni tanto duri e consistenti che si reggono da sè, senza bisogno del rivestimento di murature; altre volte invece si incontrano terreni tanto smossi e cedevoli che necessitano sagrifizii enormi di tempo, di denaro e pur troppo anco di vittime umane. Nel maggior numero dei casi però la lor morte va attribuita più che ad altro alla confidenza troppo grande che gli operai acquistano vivendo in mezzo ai pericoli, alla loro audacia e alla loro imprevidenza.

Quando le terre, traverso cui penetra la galleria, sono della miglior qualità, la spesa necessaria varia dl 900 ai 1000 franchi per ogni metro corrente di lavoro; nei terreni di media natura la spesa ascende da 1200 al 1500 franchi, e nei terreni peggiori arriva a cifre ancor più rilevanti.

Il sotterraneo di Kilsby sulla linea da Londra a Birmingham costò 3410 franchi al metro; quello di Saltwood sulla ferrovia da Londra a Douvres costò 3664 franchi sulla stessa lunghezza; la magnifica galleria dei Giovi, che varca l'Appennino ligure fra Busalla e Pontedecimo, lunga 3255 metri, costò 10 milioni e mezzo di lire, e quindi circa 3225 lire al metro corrente. Sono pure celebri le gallerie del Semmering e del Brennero.

di Biassa, lunga m. 3791,21 attraverso al promontorio di Portovenere, quella dei Ruta (metri 3047), attraverso al promontorio di Portofino e quella del Mesco, lunga m. 3011, 45 (1).

È certo che i viaggi sotterra non sono i più belli almeno dal lato pittoresco, nè le gallerie sono fatte per rendere cioè più belli i viaggi, ma bensì per soddisfare ad altri e ben più importanti bisogni, per rendere cioè più celeri, molto più comodi e sicuri i lunghi viaggi; gli amanti della bella natura, dei bei punti di vista sono sempre padroni di fare i lor viaggi in carrozza od a piedi come lor meglio talenta. — Del resto anco le gallerie hanno il loro lato pittoresco, le loro facciate possono essere decorate con più o meno buon gusto (fig. 194).

Non è raro il caso che un bel punto di vista possa associarsi ad una galleria; così, ad esempio, una delle gallerie del tronco Nabresina-Trieste offre un aspetto magnifico, il porto di Trieste si vede traverso ad esso come uno stupendo quadro in grandiosa cornice. Parimente uscendo dalla galleria di San Lazzaro, vi si presenta in bel panorama il porto di Genova.

XXI.

VIADOTTI E PONTI.

I *cavalcavia* ed i *sottopassaggi*. — Utilità dei viadotti. — Viadotti di Desenzano, di Castagno, della Fabbricaccia e della Fabbrica, di Chaumont, di Franzdorf, di Gœltz. — Confronto coi lavori degli antichi romani. — Ponti provvisorii e ponti stabili. — Ponti in legname, in muratura ed in metallo. — L'aria compressa o le fondazioni dei grandi ponti. Ponti sul Po a Mezzanacorti, a Piacenza e a Pontelagoscuro.

Il viaggiatore che con occhio attento segue l'avvicendarsi delle opere d'arte lungo le ferrovie, si accorge ben presto che i ponti sono le costruzioni che vi si incontrano più di frequente. Ed invero non solo ogni fiume, ogni torrente, ma ben anco il più meschino ruscelletto, il più piccolo rigagnolo, richiedono un ponte onde essere varcati dalla locomotiva; si aggiunga inoltre che soventi volte le ferrovie devono superare le valli a grandi altezze dal lor fondo per evitare le pendenze troppo forti. Si consideri infine il grandissimo numero di strade nazionali, provinciali, comunali e private, che, intersecando la ferrovia, passano quali sotto e quali sopra di essa, e si vedrà quanti e quanti ponti e ponticelli, quanti *manufatti* si devono costruire.

Questi manufatti variano di dimensioni, di forma e di nome, a seconda dell'uso cui sono destinati e dei materiali che si impiegano nella loro costruzione.

(1) Ricorderemo ancora per la loro importanza: la galleria detta di Valenza (m. 2330) sul tronco Alessandria-Torreberetti: quella di Ariano (m. 3203), della Starza (m. 2595), della Cristina (m. 1432), sulla linea Foggia-Benevento-Napoli, per la costruzione delle quali furono superate gravissime difficoltà; quelle dette della Sella (m. 2302) e del Belbo (m. 4246) sulla linea Torino-Savona.

Quelli che permettono alla locomotiva di percorrere la ferrovia, senza interrompere il transito dei pedoni e dei carri in una strada sottostante, diconsi *cavalcavia* o *sotto-passaggi*; quelli invece sui quali passano le carrozze ed i pedoni, mentre al disotto passano a gran velocità i convogli ferroviarii, son detti *sopra-passaggi*.

Quando devasi varcare una valle profonda e per ragioni economiche non convenga formarvi per entro un *argine*, che per le sue grandi dimensioni riescirebbe dispendiosissimo, si costruisce invece un *viadotto*, ossia una costruzione in muratura simile a quella dei ponti, sull'alto della quale passano i convogli.

Così il *viadotto* comunemente detto *di Desenzano*, perchè costrutto in prossimità a questo paese, varca la valle del Riofreddo a circa 30 metri di altezza dal di lui fondo. Il viadotto, formato da 17 archi a sesto acuto, misura ben 400 di metri di lunghezza.

Il *viadotto di Castagno* (rappresentato dalla fig. 165 a pag. 240), che si incontra nella discesa dell'Appennino da Pracchia a Pistoia, a tre ordini d'arcate interamente costrutte in muratura, misura in lunghezza 182^{m}, 40, la locomotiva scorre su questo viadotto all'altezza di 47^{m}, 85 sull'alveo del torrente sottostante. A poca distanza dal viadotto di Castagno s'incontrano, su quella ferrovia,

altri due importanti *viadotti*, del pari costrutti a tre ordini d'arcate, l'uno d'essi, detto della *Fabbricaccia*, è lungo 147m,64 ed alto 52m,92; l'altro, detto della *Fabbrica*, lungo 170m,60, ha il piano superiore alto 48m,00 sul fondo della vallata.

Sul tronco ferroviario da Gioia a Taranto si incontra un importante *viadotto* in ferro sulla *Gravina di Castellaneta*. Esso ha un'impalcatura metallica lunga 206 metri, alta 60 metri sui burrone sottostante sorretta da due spalloni in muratura e da tre pile metalliche. Questo magnifico viadotto richiese l'impiego di 522 tonnellate di ferro e 277 di ghisa.

Il *viadotto di Chaumont* sulla ferrovia da Parigi a Strasburgo, rappresentato dalla fig. 197, è uno dei più grandi e maestosi, che fino ad ora siano stati costrutti. È lungo metri 600 e misura 50 metri d'altezza sul punto più depresso della valle; la muratura di cui esso è formato dà l'enorme massa di 60,000 metri cubici; eppure lavoro sì colossale venne portato a compimento in meno d'un anno. — Ed è quest'abilità e celerità nel condurre a termine simili lavori che costituisce la superiorità dell'epoca nostra. Ponti e viadotti si costruirono fin dalle età più remote; i Romani in ispecie si resero celebri con le loro costruzioni; gli acquedotti di Segovia, di Nimes, di Spoleto costrutti, questo da quattordici, quelli da diciotto secoli, sono lavori altrettanto arditi e colossali quanto quelli più stimati delle ferrovie, ma richiesero indubbiamente molto maggior dispendio di tempo e di lavoro, se non di denaro; l'arte delle costruzioni, diventata ormai scienza, trae partito di tutti i progressi delle scienze sorelle; sussidiata dalle matematiche, è diventata precisa ed esatta.

Altro insigne *viadotto* è quello *di Franzdorf* non molto lunge da Lubiana; esso forma il miglior vanto della linea del Carso, tanto difficile e ricca di numerosissimi lavori d'arte. Ei misura 570 metri di lunghezza e giunge all'altezza di 38 metri, è costrutto a due ordini d'archi. In vicinanza a questo grade viadotto havvene altro, che merita d'essere ricordato, quello di Herschthal lungo 230 metri ed alto 28. Citeremo per ultimo il viadotto a *quattro ordini* d'arcate, costrutto per la ferrovia *Sassone* sulla profonda vallata di Goeltz; esso è lungo circa 600 metri e la sua massima altezza è di 80 metri sulla sottostante vallata; questo gigantesco viadotto costò all'incirca sette milioni di franchi.

Non sempre però i viadotti si costruiscono per evitare gli argini troppo dispendiosi; altre cause determinano la loro costruzione. In vicinanza alle città il comodo e l'eleganza li fanno preferire spesso [illegible] volte. Così la ferrovia da Londra a Greenwich [illegible] passa sopra le case di Londra mediante viadotto [illegible] d'enorme lunghezza.

Nella costruzione dei ponti si impiegano, a terminali diversi a seconda delle circostanze, [illegible] ponti [illegible] soli mattoni, ponti di pietra, ponti di legno [illegible] ponti di ferro. Ragioni economiche e strategiche possono far preferire l'uso o l'altro di questi materiali. La celerità con cui vuolsi talvolta condurre a termine la costruzione d'un gran ponte influisce pure sulla scelta del materiale; così ad esempio un ponte di legno presenta bensì l'inconveniente di guastarsi in pochi anni, ma offre il vantaggio della mite spesa e della rapidissima costruzione. Per tal motivo le molte volte si costruiscono ponti provvisorii in legno, riserbandosi di costruirne di stabili e ben più duraturi con maggior agio. Così fu praticato pel servizio della ferrovia fra Bologna e Padova presso Pontelagoscuro, ove si costrusse dapprima un grandioso ponte provvisorio in legno della lunghezza di m. 374,50 ripartiti in 13 navate intermedie di m. 25,50 e due estreme di m. 21,50; su esso si impiegarono 300 metri cubi di legname e 46,000 chilogrammi di ferramenta. La sua costruzione incominciata il 1° agosto 1866 potè essere ultimata il 18 del successivo novembre.

A questo ponte in legno venne poscia sostituito un ponte tubulare (1) della complessiva lunghezza di m. 428,25 ripartiti in sei campate, delle quali le due estreme hanno la lunghezza di m. 60,72, e le quattro intermedie quella di m. 76,70. Quando però si tenga conto della grossezza delle pile su cui poggiano le travate in ferro, le luci libere delle campate laterali, si riducono a metri 59 ed a metri 74,25 le intermedie. Il progetto di quest'opera fu approvato con decreto ministeriale il 10 maggio 1869, ed i lavori furono compiutamente ultimati nel 26 ottobre 1871; per modo che al 16 novembre dello stesso anno ne avveniva l'apertura al pubblico esercizio.

Non è infrequente il caso che nella costruzione di un ponte s'impieghino materiali variati per raggiungere nel tempo istesso l'economia e la rapidità nella costruzione, la solidità e l'eleganza. Numerose, più di quanto si creda dai profani, sono le difficoltà che si incontrano nella costru[illegible]

(1) L'appalto di quasi tutta l'opera [illegible] per la somma di 1,540,000 lire, [illegible]
per ogni pila L. 115,000; [illegible]
per ogni spalla L. 90,000; per le due spalle [illegible]
per la travata metallica [illegible] 770,000
Totale L. 1,540,000

zioni dissimili genere; la grande altezza che molte volte deve avere il palco del ponte sul letto del fiume, rende lungo, dispendioso e difficile il lavoro; la profondità e la rapidità della corrente, le repentine e frequenti inondazioni, la cattiva indole del fondo del fiume, ossia la sua poca sodezza, le esigenze della navigazione, son tutte cause che spesso rendono difficilissima la costruzione di un ponte.

Per non uscire dai modesti limiti che ci siamo imposti, rinunciamo ad entrare in particolari relativi a lavori tanto interessanti; ci restringeremo a dare una brevissima descrizione ed il disegno di alcuni di essi.

Fig. 197. Viadotto di Chaumont.

La storia dei più grandi ponti, costrutti negli ultimi anni pel servizio delle ferrovie, riescirebbe senza dubbio di grande interesse, non solo pel tecnico, ma benanco per quanti hanno la dotta curiosità di voler conoscere in qual modo il genio dell'uomo seppe vincere le molte difficoltà che sembravano dovergli ad ogni istante sbarrare la via e che in fin dei conti non valsero che ad arricchire di splendide pagine la storia dei suoi trionfi.

Fig. 198. Acquedotto romano presso Nimes.

Così, ad esempio, noi fummo testimonii della effettuazione d'un antico progetto dei Veneziani che, per la sua grandiosità, sembrava impossibile, alla congiunzione cioè di Venezia col continente: questo progetto passò nel campo pratico quando si trattò di unire la città delle lagune a tutta la rete delle ferrovie di Europa; nel breve spazio di quattro anni vedemmo sorgere in mezzo alla veneta laguna il mirabile ponte già menzionato (Vedi la nota a pag. 239). A costipare il mobile fondo della laguna onde renderlo atto a sostenere il grave peso, si batterono nel fondo stesso 75 mila pali di larice; nella costruzione del ponte furono impiegati 21 milioni di mattoni e 4200 metri cubici di pietra d'Istria. La spesa totale ascese a sei milioni di lire.

Lavoro ancor più ardito è il ponte tubulare (che gli inglesi con giusto orgoglio chiamano *Britannia Bridge*) costrutto da Roberto Stephenson traverso lo stretto di Menai, come abbiamo narrato a pag 235.

Ai ponti tubulari in ferro a pareti piene si so-

stituirono i ponti in ferro a *graticcio*, i quali, pur presentando la necessaria resistenza, riescono di aspetto ben più gentile dei ponti a pareti piane. — Le figure 203 e 204 rappresentano uno dei più insigni ponti in ferro, a graticcio, fino ad ora costrutti; è desso il ponte sul Reno fra Kehl e Strasburgo che stabilisce, fin dal 1861, una congiunzione ferroviaria fra le linee del Baden e quelle della Francia. La costruzione di questo ponte segna un rilevante progresso nell'arte dell'ingegnere per le grandi difficoltà felicemente superate in questo incontro ed in particolare pel nuovo sistema di fondazioni ad aria compressa impiegato, per la prima volta, in grandi proporzioni. —

La rapidità della corrente del Reno, la mobilità e la natura del fondo, composto di strati di ghiaia per oltre a 60 metri di profondità, non permettevano di ricorrere agli ordinarii sistemi di fondazione per innalzare sul mobile fondo del fiume le quattro pile in muratura destinate a sorreggere il formidabile peso del gran ponte in ferro e dei convogli ferroviarii che dovevano percorrerlo. — Si raggiunse lo scopo e si poterono costruire le

Fig. 199. Ponte a graticcio sulla Vistola presso Dirschau.

fondamenta di quelle pile a circa venti metri di profondità dal fondo del fiume, ricorrendo all'azione dell'aria compressa ingegnosamente impiegata come siamo per dire.

Immaginatevi dei robusti cassoni o tubi quadrangolari (quelli impiegati al ponte di Kehl avevano i lati lunghi 7m 00 ed erano larghi 5m 80) formati di lamiera di ferro, aperti inferiormente e chiusi superiormente con un coperchio, nel quale son praticati tre fori circolari; attraverso a ciascuno di questi fori passa, a tenuta d'aria, un tubo cilindrico, pure in lamiera di ferro. Il tubo cilindrico intermedio (del diametro di 1m 50) è aperto tanto in alto, quanto in basso ed attraversa tutto il cassone; i due tubi cilindrici laterali (del diametro di 1m 00) sono alquanto più corti. Immergendo verticalmente nell'acqua quell'enorme cassone esso scenderà fino a toccare, col suo labbro inferiore, il fondo del fiume, il fondo sarà pure anche dal tubo cilindrico intermedio, ma i due tubi cilindrici laterali si manterranno a qualche distanza dal fondo (Vedi fig. 200); però l'acqua del fiume entrerà tanto nel cassone, quanto nei tre tubi cilindrici, e per un ben noto principio d'idrostatica — quello dei vasi comunicanti — l'acqua si manterrà, sì nei tubi cilindrici come nel cassone, allo stesso livello come all'esterno del cassone. Supponiamo ora che mercè una macchina di compressione (Vedi vol. I, pag. 85) animata, per esempio, da una macchina a vapore, si faccia entrare aria compressa nel cassone e nei tubi cilindrici laterali, convenientemente disposti a tale ufficio. L'acqua che riempie [illegible] si troverà premuta ben più di [illegible] dall'aria atmosferica; succederà [illegible] mente [illegible] l'acqua [illegible] avviene [illegible] aspirante [illegible] sull'inte[illegible] di gran[illegible] poco [illegible] da [illegible] dal cassone.

del fondo del fiume che è circondata dal cassone rimane scoperta dall'acqua; questa rimarrà però all'altezza primitiva nell'interno del tubo cilindrico intermedio, poichè l'aria compressa non vi potè entrare.

I due tubi cilindrici laterali sono sormontati da una *camera d'aria*, che è un cilindro metallico, di diametro alquanto maggiore del cilindro sottostante. La camera d'aria è munita di robinetti e di grandi valvole o portine che si aprono e chiudono, come ora diremo. Supponiamo che il cassone ed i due tubi cilindrici siano già ripieni d'aria compressa e che un operaio debba introdursi nel cassone: egli chiude ogni comunicazione fra la camera d'aria ed il cilindro sottostante e quindi apre un robi-

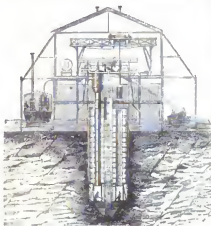



Fig. 200. Sezione trasversale d'una pila durante il lavoro di fondazione col sistema ad aria compressa.

netto che mette in comunicazione la camera d'aria con l'atmosfera; l'aria compressa, che riempiva la camera, si scarica nell'atmosfera finchè l'aria che rimane nella camera ha l'egual tensione dell'aria atmosferica, allora l'operaio chiude quel robinetto, apre una portina mobile dall'esterno verso l'interno, entra nella camera, chiude dietro a sè quella portina ed apre un robinetto che stabilisce una comunicazione fra la macchina di compressione e la camera; in tal modo questa si riempie di bel nuovo d'aria compressa. Quando la tensione dell'aria compressa nell'interno della camera è eguale a quella dell'aria che riempie il sottostante tubo cilindrico ed il cassone, l'operaio apre una seconda portina, scende nel tubo cilindrico, e di là nel cassone fino al fondo del fiume; l'operaio può allora lavorare all'asciutto pur rimanendo sul fondo del fiume; scava il fondo (Vedi fig. 200) e getta le materie escavate sotto alla bocca inferiore del tubo cilindrico centrale; in questo si muove continuamente una *noria*, ossia un apparecchio composto d'una catena senza fine che si accavalca sopra due ruote mosse da macchina a vapore. Alla catena, che per tal modo è in continuo movimento, son fissate delle secchie che riempionsi successivamente della materia escavata, la sollevano e la scaricano in un condotto laterale dal quale passa nelle barche destinate a riceverla. Di mano in mano che procede l'escavazione il gran cassone di lamiera si abbassa, ad esso si sovrappongono l'uno sull'altro tanti cassoni, perfettamente eguali fra loro, quanti son necessarii a formare l'altezza richiesta per la parte subacquea della fondazione, ciascun nuovo cassone è solidamente inchiodato sul sottoposto; per tal modo il loro complesso forma un tutto rigido Giunta l'escavazione alla voluta profondità, gli operai riempiono di muratura tutta la capacità del cassone e così lavorando sempre all'asciutto, il lavoro prosegue senza interruzione e si compie in brevissimo tempo.

Il ponte di Kehl (Vedi fig. 204) è sostenuto da due *spalloni* e da quattro *pile;* le due pile intermedie hanno dimensioni minori delle due estreme,

Fig. 201. Costruzione di un tunnel o galleria a graticci.

queste son costituite da quattro e quelle da tre cassoni addossati l'uno all'altro. Le pareti a graticcio di questo ponte si estendono dalla prima alla quarta pila; entrambe le imboccature, tanto quella che guarda la sponda francese quanto quella che guarda la sponda tedesca, non sono stabilmente congiunte con le sponde rispettive: viste strategiche suggerirono di disporre le cose in modo da poter interrompere ad ogni istante la comunicazione fra il ponte a graticcio, che allora rimane isolato in mezzo al fiume, e le due sponde opposte. In condizioni ordinarie la congiunzione è ottenuta mercè due ponti, girevoli intorno a perno verticale, ciascuno dei quali è sostenuto da uno dei due spalloni summenzionati; grazie ad un ingegnoso sistema di ingranaggi, bastano quattro uomini per aprire e chiudere quei ponti girevoli nel corso di pochi minuti.

Prima di chiudere questo capitolo vogliam menzionare i due grandi ponti in ferro sul Po, le fondazioni dei quali furono del pari costrutte mercè l'impiego dell'aria compressa: il ponte di Mezzana Corti fra Voghera e Pavia e quello di Piacenza.

Il ponte di Mezzana Corti, costrutto per cura della Società delle ferrovie Meridionali, lungo 763m 05 è sostenuto da due spalloni laterali e da nove pile intermedie distanti l'una dall'altra 72m 30; fu incominciato al 1.° aprile 1865 e potè essere ultimato al 31 dicembre 1866 — Questo ponte, a pareti a graticcio, porta un doppio binario pel servizio della ferrovia e potrà inoltre essere percorso — al piano superiore — da pedoni e carrozze ordinarie. Per i cassoni di fondazione, delle spalle e delle pile che si spingono dai 18 fino ai 21 metri sotto le acque magre del Po, si impiegarono 1211 tonnellate di ferro; per l'impalcatura metallica del ponte si impiegarono tonnellate 5281 di ferro [illegible] 233 di ferraccio. Le varie opere di [illegible] tonn. di [illegible] sette milioni di mattoni; [illegible] di cemento; M.³ 9700 di ghiaia; M.³ [illegible] sacchi; M.³ 10500 di sabbia. La spesa [illegible] rendendovi pur quella occasionata [illegible] e di difesa, fu di 7.700,126 lire.

Il [illegible] di Piacenza, costrutto per cura della [illegible] lombarde — attualmente dell'Alta Italia — [illegible] nel maggio 1863 ed ultimato nel maggio 1865 — [illegible] un solo binario. Questo ponte lungo 575m [illegible] in otto campate; ciascuna delle due campate estreme [illegible] misura 62m 10, con la luce libera di 58m 40, [illegible] sei campate intermedie misura 75m [illegible] la luce [illegible] di 72m 90. Le fondazioni delle pile e spalle [illegible] a 18m 09 sotto le acque magre. La spesa [illegible] la parte in ferro ascese a 2.715000 lire.

Tanto per questo ponte, come per quello [illegible] struzione a Pontelagoscuro (Vedi il cenno a pag. 267) si prepararono le fondazioni servendosi dell'aria compressa nel modo superiormente indicato.

XXVII

L'ARMAMENTO D'UNA FERROVIA.

L'inghiaiamento ed i traversi. — Enorme consumo di legname. — Rotaie a fungo semplice e doppio; i cuscinetti. — Rotaie americane: tipo tedesco e tipo Vignole. — Rotaie Brunel e Barlow. — Sezioni di rotaie di varii modelli. — Rilevante economia risultante dalla diminuzione di un solo centimetro quadrato nella superficie della sezione d'una rotaia. — Vantaggi derivanti dall'uniforme larghezza dei binarii sul continente europeo. — Larghezza anormale dei binarii in Spagna ed in Olanda. — Influenza della temperatura nel collocamento delle rotaie. — Necessità delle diramazioni lateralmente ai binarii principali. — *Baratti semplici e doppii*. — Baratto *aperto* e baratto *chiuso*. — Missione del *guarda-baratto*. — Le piattaforme girevoli. — I *passaggi a livello*; le *controguide*; i *cancelli*; incarichi affidati al *guardiano*.

Ormai le opere di costruzione della strada sono compiute, gli argini si succedono alle trincee, le gallerie son perforate, le valli ed i fiumi son varcati dai viadotti e dai ponti, possiamo percorrere la strada da un capo all'altro, ma la *ferrovia* non è ultimata; manca ancora una parte essenzialissima: l'*armamento* ossia tutti quegli elementi della strada che le fecero dare l'impropria denominazione di *strada di ferro*: occorrono quelle sbarre di ferro cui si dà nome di *rotaie* o anglicamente *rails*; occorrono i *traversi* sui quali poggiano le rotaie, i *cuscinetti* che uniscono queste a quelli; e per ultimo l'*inghiaiamento* o *ballast* che, come ora diremo, ha l'ufficio di rendere più soffice la via e di preservare così questa come i traversi dall'umidità.

Diciamo per ordine la serie d'operazioni che devonsi eseguire per armare la strada. Dovendo questa rimanere esposta continuamente alle vicende atmosferiche, conviene anzi tutto aver cura che le acque piovane non abbiano a deteriorarla.

A ciò si provvede conformandone la parte superiore *a schiena d'asino* (fig. 202) per modo che

Fig. 202. Sezione trasversale di [illegible] ferrovia a doppio binario.

l'acqua non vi possa stagnare, e [illegible] sul terreno uno strato di materie permeabili che ricevono le [illegible] e le pioggie [illegible] così proteggono il terreno sottoposto. [illegible] di materie permeabili dicesi inghiaiamento [illegible] nel [illegible] dei casi la [illegible]

tale ufficio; solo in mancanza di questa, si adoperano sabbie grosse, frammenti di mattoni o di pietre. L'inghiaiamento difende inoltre i lavori d'arte, sia in legno, sia in muratura od in ferro, dagli urti e dalle dannosissime scosse che sovra essi produrrebbero i convogli viaggianti a tutto vapore. Senza l'inghiaiamento, nessun ponte, per quanto solido, potrebbe resistere molto tempo a quelle terribili scosse, a quelle continue trepidazioni: lo strato di ghiaia fa l'ufficio d'un mate-

Fig. 203. Imboccatura del ponte sul Reno presso Kehl (Vedi pag. 269).

rasso; spegne l'urto, e, ripartendo egualmente la scossa, ne elimina i dannosi effetti.

Per spandere la ghiaia lungo la ferrovia si colloca generalmente su di essa un binario provvisorio, ossia una doppia fila di rotaie parallele disposte sopra traversi in legname collocati sul terreno. Questo binario provvisorio agevola il trasporto della ghiaia, che si estrae da apposite cave e quindi si carica sopra speciali vagoni che, trascinati quindi dalla locomotiva, depongono successivamente la ghiaia lungo tutta la linea. Eccovi spiegata, o lettori, l'utilità e lo scopo di quei *convogli di ghiaia*, ossia di quei convogli di venti o più carri ripieni di ghiaia trascinati da una lo-

comotiva che molti fra voi avranno osservato negli ultimi periodi della costruzione d'una strada ferrata. — Di mano in mano che giunge la ghiaia, la si spinge sotto ai traversi, i quali, ad inghiaiamento compiuto, devono essere completamente sepolti nella ghiaia: l'altezza della quale può variare dal 45 ai 60 centimetri, e in casi speciali, come ad esempio nei terreni umidi ed impermeabili, giunge fino ai 90. — Nei terreni paludosi poi, ove la ghiaia non sarebbe sufficiente, devonsi battere palafitte, gettare grossi massi di pietra, usare dei fascinaggi come nelle difese degli argini dei fiumi. La figura 205 rappresenta appunto una sezione in un tratto di strada mal fermo, nel quale oltre a[illegible] di un profondo inghiaiamento vedonsi strati alternati di fascine e di pietre.

[illegible] si a[illegible] mantenere le rotaie sempre parallele [illegible] perchè la distanza fra le due file di rotaie si mantenga sempre la stessa, quando non poggiano direttamente nè sul terreno nè sull'inghiaiamento, ma invece sopra pezzi di legname posti traversalmente alla via e che perciò diconsi traversi. — Nelle prime ferrovie le rotaie poggiavano sopra dadi di pietra posti ad eguali distanze l'uno dall'altro e sotterrati nel suolo; questo sistema sebbene presenti una notevole economia in confronto di quello dei traversi, per la durata molto maggiore della pietra in confronto al legno, dovette

Fig. 201. Veduta prospettica del ponte sul Reno presso Kehl (Vedi pag. 260).

essere abbandonato, poichè una breve sperienza dimostrò che ad ogni più piccolo movimento nel suolo i dadi si spostavano e quindi la distanza fra le due rotaie (determinata dalla distanza che corre fra gli orli sporgenti di due ruote sia delle locomotive sia dei vagoni) in luogo di rimanere invariabile, diventava ora minore ora maggiore della distanza normale; donde un continuo pericolo di sviamento dalle rotaie e poca sicurezza nei viaggi. Questo pericolo risulta quasi impossibile con l'impiego dei traversi, i quali non permettono alcun movimento alle rotaie che son mantenute costantemente alla voluta distanza l'una dall'altra. A questo vantaggio i traversi uniscono pur quello di trasmettere ad un'ampia superficie la pressione dei convogli e di renderne molto dolce il movimento.

L'unico inconveniente pel quale sarebbe assai utile il potersi emancipare dai traversi, sta nel loro prezzo molto alto e nella necessità di doverli cambiare di tempo in tempo, quando cioè sono guasti dalle vicende atmosferiche. Sebbene i traversi siano immersi in un terreno permeabile quale si è l'inghiaiamento, tuttavia a lungo andare si alterano per l'alternativa dell'umido e del secco, per gli elementi di distruzione che in sè contiene ogni sostanza organica, ed infine per gli insetti che formano i loro nidi nell'interno del legname, ed il cui lento ma continuo lavoro si fa manifesto col progresso del tempo; i traversi divengono allora inetti al loro ufficio. [illegible] dal larice, non [illegible]

Si ricavano traversi dalla quercia, dal faggio, dal pino e dall'abete, ed in queste ultime specie [illegible] presentano egual durata, e [illegible] più facili a [illegible] legname [illegible] due; anzi, [illegible] frutt[illegible]

di quercia e di larice, tutti gli altri non sono quasi mai adoperati senza assoggettarli preventivamente alla seguente operazione, che ne aumenta notevolmente la durata. Si immergono i traversi in una soluzione di solfato di ferro o di rame, di cloruro di zinco e di creosoto; tali sostanze penetrano fra le fibre del legno, ne scacciano i succhi che sono un fomite alla sua putrefazione, ed occupandone il posto impediscono, per le venefiche loro proprietà, che vi annidino quegli insetti, che tanto contribuiscono al deperimento dei legnami.

Forse non riescirà discaro ai nostri lettori il formarsi un'idea dell'enorme quantità di legname richiesta nell'uso dei traversi. Questi devono essere, per quanto è possibile, tagliati in modo da privarli del legno giovine od alburno che è quella parte del legno che più facilmente si guasta; hanno 2 metri e 60 centimetri di lunghezza, da 30 a 26 centimetri di larghezza e da 15 a 20 centimetri di spessore; ecco quindi che ogni traverso ha un volume un po' maggiore d'un decistero, perciò dieci traversi formano già più di un metro cubo. Ora, tenendo calcolo che per ogni rotaia lunga sei metri si impiegano 6 traversi, si scorge che sono necessari circa 1000 traversi per ogni chilometro di ferrovia, il che corrisponde a più di cento metri cubici di legname per ciascun chilometro: cifra enorme per chi ponga mente alle migliaia di chilometri di ferrovia attualmente in esercizio nella nostra penisola, all'alto prezzo del legname (45 lire circa al metro cubo pei traversi di larice e quercia) ed alla necessità di dover rinnovare di tempo in tempo i traversi, i quali non durano neppure una decina d'anni. — Vari tentativi si son già fatti per surrogare i traversi e rendere meno rilevante il consumo di legname, ma gli sforzi degli inventori non diedero fino ad ora nessun risultato soddisfacente.

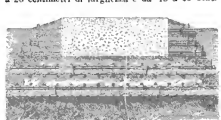



Fig. 205. Opere pel consolidamento d'una ferrovia in terreno paludoso.

Le rotaie o *rail* sono, come è ben noto, quelle sbarre di ferro disposte nel senso della lunghezza delle ferrovie, sulle quali scorrono le ruote delle locomotive e dei carri. Sebbene l'industria delle strade ferrate possa dirsi recente, tuttavia la forma delle rotaie subì già non poche modificazioni. Un museo, nel quale fossero raccolti i varii tipi di rotaia proposti infino ad oggi, sarebbe già molto ricco a quest'ora, ed oltre all'interesse che offrirebbe a chi volesse scrivere la storia delle strade ferrate, mostrerebbe di quanti studi sieno già state oggetto quelle sbarre di ferro la cui forma sembra a primo aspetto tanto indifferente.

La sola descrizione di queste varie forme empirebbe non poche pagine, e non volendo noi dilungarci di troppo ci limiteremo a presentarvi i tipi principali impiegati fino ad oggi, ed a risparmio di parole vi porremo pure sott'occhio le sezioni fatte perpendicolarmente alla lunghezza della rotaia ed il modo con cui questa è fissata sul sottostante traverso.

La figura 206 vi mostra la rotaia a *semplice fungo;* sulla cui parte superiore, o *fungo*, scorrono le ruote delle locomotive e dei carri. Uno dei due fianchi della rotaia, precisamente quello che guarda verso l'interno del binario, è applicato esattamente contro il *cuscinetto*, fatto di ferro fuso; l'altro fianco dista alquanto dal cuscinetto, e nel vano rimanente si caccia, a forza, un cuneo di legno duro; questo cuneo obbliga la rotaia a rimanere aderente al cuscinetto, e questo ultimo poi è fissato invariabilmente sul traverso di legname mediante due chiodi. — Grazie alla sua forma simmetrica, questa specie di rotaie può servire ancora, quando una faccia del fungo è logorata dal continuo attrito delle ruote che scorrono sovr'essa, bastando a tal fine girare la rotaia, portando così a contatto del cuscinetto il fianco che era prima a contatto del cuneo di legno.

Fig. 206. Rotaia a semplice fungo.

Eccovi (fig. 207) altre due forme di rotaie entrambe a *doppio fungo*, diverse però l'una dall'altra per la forma del fungo e per quella della porzione intermedia; si l'una che l'altra presen-

tano il vantaggio di poter essere impiegate quattro volte, poichè, attesa la forma perfettamente simmetrica dei due funghi, quando il fungo superiore è logorato dall'uso, si capovolge la rotaia, ed ogni fungo può essere adoperato, come già si disse, tanto sul fianco destro quanto sul fianco sinistro. Questo vantaggio, grandissimo in apparenza, non risulta poi tale in pratica, poichè l'esperienza giornaliera dimostra che, capovolgendo la rotaia, il fungo superiore, ormai sformato, non si adatta esattamente contro il cuscinetto, ed il fungo inferiore è già parzialmente deformato. Altri sistemi di rotaie sopprimono completamente il cuscinetto; in tal caso la rotaia poggia direttamente

Fig. 207. Rotaie a doppio fungo.

mente sul traverso ed è perciò foggiata inferiormente a superficie piana. Le rotaie di questa specie, dette americane, possono essere fissate al traverso in due maniere; la prima di queste (fig. 208), specialmente usitata in Germania, consiste nell'impiego di due uncini radenti i labbri della parte piatta; i quali poi vengono battuti a colpi di maglio nel legno del traverso, entro a fori praticati con speciali succhielli. In Inghilterra, in Francia ed in Italia sono specialmente in uso le rotaie dette Vignole (fig. 209) e quelle dette Brunel (fig. 210); sì le une come le altre sono fissate al traverso mediante chiodi che passano a traverso fori preventivamente praticati nella parte piatta della rotaia e nel sottostante traverso.

L'ultimo tipo di rotaia che vi presentiamo è quello detto alla Barlow (fig. 211), il cui merito consisterebbe nella soppressione, non solo del cuscinetto, ma bensì anco del traverso; le rotaie, a forma speciale, sono mantenute alla voluta distanza l'una dall'altra mediante tiranti trasversali di ferro posti a quando a quando lungo il binario

Fig. 208. Rotaia americana (tipo tedesco).

ed inchiodati alla rotaia. Il merito di queste rotaie è ancor problematico, essendo necessaria una lunga esperienza per poter giudicare sulla maggiore o minor convenienza dell'uno o dell'altro sistema.

Fig. 209. Rotaia americana (tipo Vignole).

Ma supponiamo per un istante, amico lettore,

Fig. 210. Rotaia Brunel.

che l'esperienza ci abbia fatto preferire un dato sistema di rotaie; credi tu che non [illegible] far altro che farne commissione al fabbricatore? Bisognerà prima di tutto precisargli la lunghezza, poi il peso ed il profilo; si dovrà specificare la qualità del ferro da adoperarsi. — Poi, di [illegible] in massimo del fabbricatore farà [illegible] convenirà [illegible] rotaie dal seguito.

per una, verificare se le prescritte condizioni furono tutte adempinte e confrontare tutte le rotaie con una sezione-modello tagliata in lastra di acciaio; ed a proposito di sezioni, eccovene due (fig. 212, 213) la prima delle quali si riferisce alle rotaie a semplice fungo, la seconda alle rotaie Vignole. Vedete quella rete di linee punteggiate? esse potranno darvi un'idea della gran cura e precisione con cui si calcola dagli ingegneri il contorno della rotaia. A mostrarvi di quanta im-

Fig. 211. Rotaia Barlow.

portanza sieno siffatti calcoli, vi faremo osservare che un centimetro quadrato, che è pure una ben piccola superficie, di più o di meno, nella sezione della rotaia, importa già un centinaio di centimetri cubi per ogni metro andante di rotaia, quindi

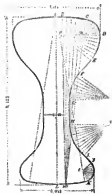



Fig. 212. Seziona d'una rotaia a semplice fungo. Fig. 213 Sezione d'una rotaia Vignole.

due centinaia di centimetri cubi per ogni metro andante di binario: il che importa la quinta parte di un metro cubo per ogni chilometro di ferrovia: tradotto in peso, ciò corrisponde a circa 1560 chilogrammi di ferro per ciascun chilometro di strada ferrata, che si spenderanno o si risparmieranno a seconda che la sezione della rotaia misurerà un centimetro quadrato di più o di meno. — Vedi l'importanza delle cose piccole! E l'economia della prima spesa non è la sola cui debbasi por mente, chè devesi tener conto anche del maggiore o minore dispendio per la collocazione in opera, e la durata e l'uso cui potranno essere adoperate anche dopo essere divenute inservibili al loro ufficio primitivo.

Volete ora sapere in qual maniera si riducano le sbarre di ferro ad avere la forma delle rotaie? Unite varie verghe di ferro in modo da formarne un fascio; si riscaldano entro a forni speciali, dai quali vengono estratte quando il metallo è riscaldato al *color bianco;* si sottopone quel fascio di metallo ai colpi formidabili d'un *maglio a vapore* (vedi pag. 125), grazie ai quali le singole sbarre si compenetrano, e mentre sono ancor roventi si passano a traverso a robusti cilindri metallici detti *laminatoi* quasi aderenti l'un l'altro, il loro contorno è foggiato per modo che il fascio di ferro costretto a passare traverso i due cilindri, acquista forma determinata. La figura 214 varrà a darvi un'idea di tale laminatoio. Si introduce il fascio fra i due cilindri dapprima nello spazio fra essi compreso alla sinistra della figura, poi in

Fig. 214. Cilindri laminatori per la fabbricazione delle rotaie

quello successivo a destra, poi nell'altro e così di mano in mano fino a che si è giunti all'ultimo spazio che sta a sinistra; per tal modo il fascio cambia successivamente di forma, si accosta ad avere semprepiù la forma d'una rotaia e dopo l'ultima operazione il fascio di verghe si è trasformato in una bella rotaia a doppio fungo.

Ancora due parole ed avremo finito. Nelle prime ferrovie le rotaie erano poco pesanti, poichè il peso cui dovevano reggere, quello in ispecie delle locomotive, era molto minore in confronto d'adesso; le esigenze del servizio obbligarono a costruire locomotive ognor più potenti e quindi ognor più pesanti; si dovette quindi aumentare proporzionalmente anche il peso delle rotaie; mentre le prime ad essere adoperate pesavano da 13 a 17 chilogrammi per ogni metro andante, quelle usate presentemente pesano da 30 a 37 chilogrammi per la stessa lunghezza. — La rotaia Vignole, di cui vi abbiam presentata la sezione (figura 213), è la più generalmente diffusa; essa misura 6 metri di lunghezza, pesa 222 chilogrammi, è alta 125 millimetri, la larghezza del suo fungo importa 62 millimetri.

Ora che conosciamo i traversi, i cuscinetti e le

estate si può riconoscere che le estremità di due rotaie successive si toccano quasi l'una con l'altra. Da che dipende tal differenza? dalla dilatazione naturale del ferro: una sbarra di ferro che misurasse precisamente 6.m00, quando la sua temperatura è di — 10° C, misurerebbe invece 6.m003 quando la sua temperatura fosse di + 30° C.

Per tal motivo, nel collocamento delle rotaie convien tener calcolo della stagione; se questa è molto rigida, le rotaie vogliono essere discoste l'una dall'altra circa 4 millimetri; se invece la stagione è molto calda convien ridurre ad un solo millimetro la distanza fra due rotaie successive.

Ed ora che i binarii sono collocati lungo tutta la ferrovia da un capo all'altro non potremo ancora far viaggiare i convogli? I convogli potrebbero bensì percorrere tutta la ferrovia, ma il servizio regolare non potrebbe essere attivato, poichè coll'unico binario fino ad ora costrutto non c'è modo nè di attaccare al convoglio nè di staccarne neppure un carro, nè nelle stazioni intermedie nè nelle stazioni estreme; aggiungi poi che non vi sarebbe modo di far viaggiare contemporaneamente due convogli in opposta direzione. Supponiamo ad esempio che la ferrovia da Firenze a Napoli abbia un unico binario come quello fino ad ora descritto, senza diramazione alcuna, e supponiamo che un convoglio sia partito da Napoli verso Firenze, è evidente che nessun convoglio potrà viaggiare nell'opposta direzione fino a che il primo non ha raggiunta la stazione di Firenze, altrimenti si incontrerebbero lungo la strada. Riesce quindi manifesto il bisogno di costruire di tratto in tratto delle porzioni di strada nelle quali vi sia un secondo binario che possa ricevere i carri che si volessero staccare da un convoglio, od anche l'intiero convoglio quando un altro deve transitare in opposta direzione. Queste porzioni di strada a doppio binario, vengono generalmente costrutte in tutte le stazioni e per tai modo l'*incrociamento di due convogli* può verificarsi in ciascuna di esse con tutta sicurezza, e senza il più lieve inconveniente; ed anche il doppio binario sarebbe insufficente in tutte le stazioni in cui il movimento dei viaggiatori e delle merci è molto rilevante; in esse vi devono essere più binarii per render possibile tanto l'arrivo quanto la partenza contemporanea di più convogli, devono esservi speciali binarii che staccandosi dal binario principale si dirigano verso i *magazzeni merci*, verso le *rimesse dei carri e delle locomotive*, verso le *officine* ove si riparano e si costruiscono tutti i veicoli che viaggiano sulle ferrovie; perciò appunto le grandi stazioni ferroviarie presentano l'aspetto d'un vero labirinto di binarii i quali ora si diramano da un binario principale, ora si tagliano formando angoli più o meno pronunciati, ora convergono tutti verso un sol punto. Aggiungi poi che, nelle grandi stazioni, molti binarii ad un tempo sono ingombri di veicoli e non è infrequente il caso in cui sui varii binarii d'una stessa stazione si trovino contemporaneamente in movimento parecchi convogli; ebbene come può il macchinista, — cui è affidata la sicurezza dell'intero convoglio, — orizzontarsi in quell'intricato labirinto, come può evitare i funestissimi urti, i pericolosissimi scontri? come può riconoscere la strada che dovrà percorrere? dov'è l'Arianna, dov'è il filo misterioso che lo guida in quel pericoloso labirinto? — Il macchinista non sceglie la strada, ei può unicamente progredire, arrestarsi od indietreggiare a seconda dei *segnali* che gli vengon presentati e dei quali parleremo a suo luogo. Perchè il macchinista possa sicuramente progredire col suo convoglio in mezzo a quella selva di binarii, è necessario che la strada sia opportunamente predisposta; e infatti ogni suo passo fu preventivamente calcolato, i convogli ed i veicoli che ingombrano i binarii circostanti non gli oppongono alcun ostacolo, perchè grazie all'*ordine* ed alla *precisione* che deve regnare in una stazione ferroviaria il percorre una *strada* perfettamente *sgombra* di qualsiasi intoppo.

Fig. 218. Attraversamento, incrociamento e baratto.

Resta ora a dirsi in qual modo può aver luogo il passaggio dei convogli e dei singoli veicoli dall'uno all'altro di questi binarii. Consideriamo anzitutto il primo caso, che cioè un intiero convoglio si trovi in faccia ad una biforcazione, come si potrà dirigerlo a piacere sull'uno o sull'altro di quei due binarii? Nel punto di biforcazione è collocato un ingegnoso apparecchio, cui si dà il nome di *scambio* o *baratto*, mercè il quale riesce agevole a chiunque stabilire la comunicazione dell'unico binario sia con l'uno sia con l'altro dei due binarii costituenti quel bivio (fig. 218). Non è piccola la difficoltà che si risolve grazie allo scambio. Come è ben noto, le ruote di tutti i veicoli che circolano sulle ferrovie son provvedute di un orlo sporgente e perciò sarebbe assai mala-

gevole e pericoloso il far passare un veicolo da un binario all'altro scavalcandone le rotaie; ogni attraversamento di rotaia darebbe origine ad una scossa incomodissima e produrrebbe quasi sempre lo sviamento di tutto il convoglio; per evitare questi inconvenienti è assolutamente necessario interrompere per brevissimo tratto le singole rotaie ogniqualvolta due di esse devono incontrarsi sotto un angolo più o meno acuto negli *incrociamenti* (fig. 218) che si presentano necessariamente in ogni biforcazione e negli *attraversamenti* di due binarii del pari indicati dalla fig. 218. In tal modo la scossa sarebbe bensì evitata, ma vi sarebbe pur sempre da temere uno sviamento; si evita anche questo pericolo collocando lateralmente alle rotaie che stanno in faccia a quelle

Fig. 219. Incrociamento di due binarii.

Fig. 220. Attraversamento di due binarii.

che furono interrotte, una porzione di rotaia, di lunghezza variabile a seconda del caso, alla quale si dà il nome di *contro-rotaia* o *contro-guida*.

La fig. 219 mostra in qual modo siano disposte queste rotaie negli *incrociamenti* e la fig. 220 presenta l'analoga [illegible] per gli *attraversamenti*. Se in questi come in quelli i singoli traversini vengono riuniti mediante travi longitudinali, l'assieme di questi legnami costituisce quindi tutto il sistema [illegible] che mantiene invariabile tutto il sistema nella forma che gli fu assegnata con ogni precisione.

Esaminiamo ora il *baratto*. Nel punto in cui la via si biforca, due rotaie di forma speciale sono fissate ad una delle loro estremità [illegible] ad un *cuscinetto*, ad uno [illegible] e possono liberamente ruotare [illegible] tagliate a sbieco [illegible] l'altra estremità *riesce* affilata come un ago, ed appunto per tal motivo queste due rotaie son dette *aghi del baratto*. I due aghi sono mantenuti a distanza invariabile l'uno dall'altro mediante due verghe di ferro, per cui l'uno di essi non può muoversi senza mettere anche l'altro in movimento. Una leva opportunamente collocata, visibile sulla destra della figura 221, può essere manovrata con tutta facilità da un impiegato specialmente incaricato della sorveglianza del baratto. A seconda della posizione in cui è mantenuta questa leva, i due aghi assumono la posizione indicata

Fig. 221. Baratto per biforcazione semplice.

dalle linee a tratti continui, ovvero dalle punteggiate nella figura 221, nel primo caso l'ago sinistro è a contatto colla rotaia sinistra, mentre l'ago destro è discosto dalla rotaia destra e quindi il convoglio passa sul binario destro; nel secondo caso i due aghi assumono posizione inversa e quindi il convoglio passa sul binario sinistro. Come si scorge alla citata figura, il braccio di leva è provveduto d'un contrappeso che serve a mantenerlo immobile nell'una o nell'altra delle due posizioni, perciò la missione del guardabaratto è semplicissima; a seconda che il primo convoglio che passerà sullo scambio dovrà percorrere l'uno o l'altro dei due binarii, egli dirige la manovella verso destra o verso sinistra. Questa manovra è delle più semplici, ma tuttavia non si potrebbe affidarla al primo venuto, poiché richiede la massima precisione per parte dell'incaricato, è facile immaginare quali funeste conseguenze

potrebbe avere una sua momentanea distrazione, se, ad esempio, ei trascura di *aprire* o *chiudere il baratto* nel momento opportuno, tutto il convoglio correrà in direzione diversa da quella che gli è assegnata. Qual danno potrebbe derivarne? o tosto o tardi il macchinista che guida la locomotiva si accorgerebbe dello sbaglio, indietreggerebbe col convoglio, fino al baratto e poscia riprenderebbe la buona strada; tutto il danno si ridurrebbe ad una perdita di tempo; ma è ben raro il caso che entrambe le strade siano contemporaneamente sgombre, il più delle volte il convoglio lanciato su strada diversa da quella che gli è assegnata, incontra un altro convoglio ed allora una catastrofe diviene quasi inevitabile.

Talvolta un solo binario mette capo a tre diramazioni; in tal caso è necessario impiegare un *baratto doppio* (fig. 222); il sistema degli aghi è

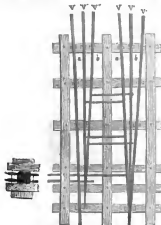



Fig. 222. Baratto doppio.

doppio, ma ciascuno di essi è separatamente manovrato e funziona come un baratto semplice. Il baratto è aperto verso il binario laterale sinistro quando i due aghi destri sono aderenti alla rotaia; quando invece sono i due aghi sinistri quelli che aderiscono alla rotaia, allora il baratto è aperto verso il binario laterale destro; finalmente quando il baratto è aperto verso il binario intermedio, la disposizione degli aghi risulta simmetrica, tanto a destra quanto a sinistra c'è un ago che aderisce alla rotaia ed un ago che ne rimane discosto.

L'unita figura 223 vi mostra a colpo d'occhio l'insieme della disposizione dei traversi in un baratto e nel successivo incrociamento d'un binario rettilineo che si stacca dal primo.

È frequente il caso, specialmente nelle stazioni in cui c'è molto movimento, che uno o più carri debbano passare da un binario in un binario contiguo, che supporremo ad esso parallelo; i binarii paralleli sono, il più delle volte, congiunti fra loro, mediante binarii obliqui che si staccano, con un baratto, da uno dei due binarii, e raggiungono l'altro binario mercè un secondo baratto; tale sistema è l'unico possibile quando il passaggio dal-

Fig. 223. Disposizione generale dei traversi nel baratti e nell'incrociamento.

l'uno all'altro di quei due binarii debba contemporaneamente verificarsi per tutto il convoglio; ma la cosa può procedere molto più speditamente quando si tratta di uno o più carri isolati. Il passaggio di quei carri si verifica allora mercè

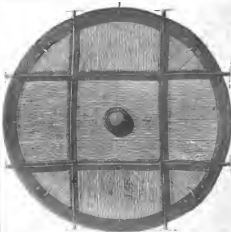



Fig. 224. Pianta d'una piattaforma girevole circolare con binarii rettangolari.

una *piattaforma girevole*. Viaggiando in ferrovia vi sarete accorti più volte che arrivando nelle stazioni di maggior importanza si prova una piccola scossa; questa si fa sentire successivamente in tutte le vetture e contemporaneamente si ode un distinto suono metallico. Tanto la scossa quanto il suono son prodotti dal passaggio delle singole vetture, componenti il convoglio, sopra una di

Non tutte le piattaforme girevoli ricevono soltanto quattro rotaie, a due a due perpendicolari; tale disposizione vale unicamente quando il binario secondario si stacca ad angolo retto dal binario principale; in alcuni casi ciò non si verifica, i due binarii si incontrano sotto angolo obliquo ed allora le piattaforme ricevono sei rotaie, come è indicato nella figura 227, dall'ispezione della quale riesce agevole il comprendere come si effettua in tal caso il passaggio d'un veicolo dall'uno all'altro dei binarii in essa indicati.

Il diametro delle piattaforme non è ovunque lo stesso, come ben si comprende, esso dipende dalle dimensioni dei veicoli pei quali son destinate; generalmente le piattaforme destinate a soli carri o vetture a quattro ruote hanno 4.m00 di diametro ed il loro costo (esclusa la posizione in opera) è di circa 3700 lire; quelle invece che devono servire per le locomotive seguite dal carro di scorta (*tender*) hanno 12.m00 di diametro, esse costano circa 30,000 lire, senza tener conto della spesa, non indifferente, per le fondazioni e la posizione in opera.

Fig. 227. Piattaforme ad angoli obliqui.

Per finirla definitivamente coll'armamento della ferrovia, accenneremo ancora ai *passaggi a livello*. Si dà tal nome a quei tratti di strada ferrata che sono attraversati da strade ordinarie, allo stesso livello dei binarii. Per impedire che la sporgenza o fungo delle rotaie opponga ostacolo al transito delle vetture o dei carri trascinati da cavalli, tutta quella porzione di ferrovia è selciata, e raggiunge lo stesso livello della sommità delle rotaie, ma d'altra parte convien pur permettere il passaggio delle locomotive e dei carri ferroviarii, e siccome le ruote sì di questi come di quelle son provvedute del contorno sporgente, così quel selciato non rasenta il fianco interno delle singole rotaie, ma ne rimane un po' discosto, formando così una scanalatura lungo il fianco interno delle medesime, e finalmente si impedisce qualsiasi deformazione di questa scanalatura, collocando una *controrotaia*, parallelamente ed a poca distanza dal fianco interno delle rotaie, per tutta la larghezza del passaggio a livello, come è indicato dalla figura 228. Nella stessa figura veggonsi pure due *cancelli;* questi rimangono aperti per tutto il tempo in cui non vi ha alcun pericolo nell'attraversare i binarii, ma quando si approssima l'istante in cui deve passare un convoglio ferroviario, il *guardiano*, cui è affidata la sorveglianza del passaggio a livello e d'una certa lunghezza di ferrovia, chiude quei cancelli e così il transito dei pedoni e dei carri ordinarii rimane interdetto finchè il convoglio non è passato. Il *casello* che si scorge sulla sinistra della figura è l'abitazione del guardiano, e così questi può esercitare la necessaria vigilanza sul tratto di strada che gli è affidato senza scostarsi di troppo dalla sua famiglia.

Fig. 228. Passaggio a livello.

diametro, i quali son rappresentati, in seziona, con altrettanti circoletti, nella figura 230; tutti qnesti tubi sono completamente circondati dal-l'acqua che riempie parzialmente la caldaia; l'aria riscaldata nel fornello percorre l'interno dei tubi e, lambendone le pareti, le riscalda, e siccome qnei tubi son di metallo, ottimo conduttore del calorico, così si riscalda in breve anche la superficie esterna dei medesimi e quindi anche l'acqua che li circonda: qnest'acqua entra in ebollizione, sprigiona dal suo seno innumerevoli bollicciue di vapore, le quali vanno ad occupare la parte più alta della caldaia. L'aria calda ed i prodotti della combustione escono dall'estremità destra dei tubi, passano nella camera del fumo, si innalzano nell'atmosfera, tanto in virtù della loro leggerezza, relativamente all'aria circostante, quanto ancora per l'azione del vapore, il quale dopo aver agito nei cilindri motori, — come vedremo fra breve, — si-scarica poi nel fumaiolo. — La violenta ebollizione che si produce nell'acqua contenuta nella caldaia mantiene continnamente agitato tutto quel liquido; perciò non sarebbe prudente pigliare il vapore direttamente dalla caldaia: frequentissimi spruzzi d'acqua si mescolerebbero al vapore ed entrando con esso nei cilindri ne comprometterebbero l'esistenza (1). Perciò la caldaia è sormontata da una cupola,

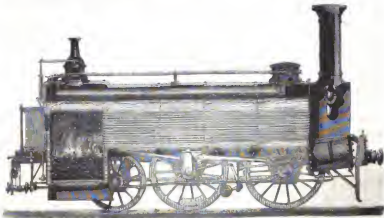



Fig. 229. Sezione longitudinale d'una locomotiva a cilindri interni.

nella quale si raccoglie il solo vapore, dalla sommità della cupola si staccano dei tubi che percorrono l'uno il fianco destro, l'altro il fianco sinistro della caldaia e quindi mettono capo in nno dei due cilindri collocati internamente fra le due ruote anteriori della locomotiva. In ciascnno di questi due cilindri scorre, — a perfetta tenuta di vapore, — uno stantuffo che è spinto dal vapore ora verso un fondo, ora verso il fondo opposto del cilindro; ciascun stantuffo è congiunto ad un gambo inflessibile che attraversa, pure a tenuta di vapore, uno di quei due fondi; all'estremità esterna del gambo è articolata una biella ossia sbarra inflessibile, questa è congiunta, con altra articolazione, al braccio d'una manovella formata da un doppio gomito praticato in un asse orizzontale, che perciò ha un aspetto analogo a quello dell'asse DCB della figura 86. A ciascuna delle

(1) L'acqua che entrasse nei cilindri si troverebbe imprigionata parte nella capacità destra, parte nella capacità sinistra di ciascun cilindro ed al termine di ogni corsa dello stantuffo essa si troverebbe energicamente compressa fra uno dei fondi del cilindro e la faccia corrispondente dello stantuffo; siccome poi l'acqua è quasi incompressibile, così trovandosi energicamente premuta dallo stantuffo e non trovando alcuna uscita, squarcerebbe le pareti ed il fondo del cilindro.

Sebbene la disposizione summenzionata non permetta l'ingresso dell'acqua nei cilindri, pure non è possibile impedire al vapore, che penetra nei medesimi, di condensarvisi in minima parte, perciò ogni colpo di stantuffo provoca la formazione di alcune goccioline d'acqua; la si fa uscire dai cilindri aprendo di quando in quando due robinetti (che stabiliscono o tolgono la comunicazione fra ciascuna delle due capacità dei cilindri e l'atmosfera), che possono essere facilmente manovrati mercè una lunga verga, la cui impugnatura è alla portata del macchinista.

aperta (fig. 252) quella del canale destro, attraversa questo canale, come è indicato dalla freccia o si precipita nella capacità destra A, e quindi obbliga lo stantuffo P a muoversi da destra verso sinistra; lo stantuffo cede facilmente alla pressione dell'irrompente vapore, poichè tutto il vapore precedentemente introdotto nella capacità sinistra, possiede ormai debolissima pressione, giacchè ei comunica col tubo di scarico *e*, e quindi col tubo E e con la camera del fumo, la quale, come abbiam detto, è in diretta comunicazione con l'aria atmosferica e così lo stantuffo P compie l'oscillazione inversa da destra verso sinistra; mentre ei sta per raggiungere l'estremo sinistro del cilindro, il cappello, — mosso dalla verga orizzontale *tt* —, cangia di bel nuovo posizione e riacquista quella indicata nella figura 251; perciò lo stantuffo indietreggia e corre nuovamente verso destra, per poi ritornare nuovamente

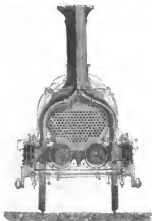



Fig. 233. Sezione trasversale d' una locomotiva, camera del fumo, fumaiuolo e tubi di scarico.

verso sinistra e così di seguito fino a che non cessa l'affluenza del vapore nel cassetto OO. Questi alternati movimenti di va e vieni dello stantuffo si susseguono con straordinaria rapidità, imprimono un rapidissimo movimento rotatorio alle ruote della locomotiva, e questa divora lo spazio superando di gran lunga la corsa dei destrieri più rapidi.

Ciò che abbiam veduto verificarsi in uno dei due cilindri si verifica pure nell'altro, collocato sull'altro fianco della macchina; però i movimenti dei due stantuffi non sono concordi, mentre l'uno si muove da sinistra a destra, l'altro si muove da destra a sinistra. Se non si adottasse questa disposizione, entrambi gli stantuffi passerebbero contemporaneamente pel *punto morto*, ossia per quel punto nel quale la biella trovasi esattamente nella direzione del prolungamento dell'asta dello stantuffo, nel qual caso la forza che lo stantuffo deve trasmettere, all'asse delle ruote, mercè l'intermedio dell'asta, della biella e della manovella, riescirebbe minima e quindi la locomotiva non potrebbe correre con moto rapido ed uniforme. Disponendo invece i due stantuffi in modo che i loro movimenti non siano concordi e disponendo ad angolo, come si è già detto anteriormente, entrambe le manovelle che staccansi dall'asse motore, si ottiene la necessaria uniformità nel movimento della locomotiva; poichè nel mentre una delle bielle occupa il punto morto, l'altra agisce ad angolo retto e quindi sviluppa lo sforzo massimo sull'altra manovella.

Non sempre i due cilindri son collocati nello spazio intermedio fra le due ruote anteriori (come è indicato dalle fig. 229, 233); altre volte son collocati ai lati esterni della locomotiva, ed in tal caso l'asse motore non è più piegato a gomito, ma è ret-

Fig. 234. Sezione. Fig. 235. Prospetto.
Regolatore a farfalla.

tilineo, ed una delle due estremità di ciascuna biella va articolata ad un bottone metallico fissato sulla ruota motrice ad una distanza, dal di lei centro, eguale al braccio che avrebbe dovuto avere la manovella, ossia in ultima analisi alla mezza corsa dello stantuffo.

Per completare l'esame della nostra locomotiva, consideriamo la figura 233: in essa vediamo anzitutto una lastra metallica, nella quale son praticati moltissimi fori, è dessa il fondo anteriore della caldaia tubulare: sovr'essa vediamo ergersi il fumaiuolo che riceve e scarica nell'atmosfera i prodotti della combustione ed inferiormente vediamo i due cilindri motori; a ciascuno di essi è applicato — verso l'esterno — l'apparecchio già descritto (fig. 231, 232) per la distribuzione del vapore. — Il vapore che ha già funzionato in

ciascun cilindro non va a scaricarsi direttamente nell'aria, ma passa in un *tubo di scarico*, all'altezza della sommità della caldaia; i due tubi di scarico si riuniscono in uno solo che continua per brevissimo tratto e termina nel fumaiuolo (fig. 233).

Tale disposizione serve egregiamente a rendere attiva la combustione che si opera nel fornello pel riscaldamento dell'acqua contenuta nella caldaia: la corrente di vapore che esce dal cilindro ad ogni colpo di stantuffo, giunta alla sommità del tubo di scarico, si dilata repentinamente, produce una rapida corrente ascendente e, parzialmente condensandosi, produce una parziale rarefazione nell'aria che riempie il fumaiuolo; allora l'aria che occupa i tubi bollitori ne esce rapidamente per versarsi nel fumaiuolo ad occuparvi il posto di quella scacciata dal vapore, mentre l'aria fresca si precipita nel fornello e nei tubi bollitori per occuparvi il posto di quella salita su pel fumaiolo; questa circolazione si effettua in modo rapidissimo e continuo finchè dura il movimento degli stantuffi.

Il macchinista, cui è affidata la locomotiva, può rendere più o meno attiva la circolazione dell'aria e quindi può regolare a suo talento la combustione nel fornello, aprendo o chiudendo più o meno due valvole mobili applicate alla sommità del fumaiolo; egli può manovrarle con tutto suo agio, valendosi d'un sistema di verghe di ferro, l'impugnatura delle quali termina a portata della sua mano.

Se è di somma importanza il regolare a piacere la corrente d'aria, non è certo meno importante il regolare l'ammissione del vapore. A ciò si provvede mercè un congegno speciale che dal suo ufficio prende il nome di *regolatore*. Ve ne sono di parecchie specie; noi ci limiteremo a presentarvi il *regolatore a farfalla*, rappresentato in sezione ed in prospetto dalle figura 234 e 235; esso è applicato alla sommità del tubo di presa del vapore, il quale, come abbiam già detto, incomincia alla parte superiore della cupola che sormonta la caldaia. Come si scorge dalle figure 234 e 235, questa specie di regolatore si compone d'un disco circolare nel quale son praticate parecchie aperture nella direzione dei raggi; la bocca del tubo di presa è chiusa da un disco consimile, ma mantenuto immobile o quasi a contatto del primo. Quest'ultimo può essere manovrato mercè due bielle laterali articolate ad una verga rigida alla quale è congiunta una verga a manovella, la cui impugnatura è a portata del macchinista. Quando i fori dei due dischi coincidono perfettamente, il vapore trova aperto il massimo varco per slanciarsi nel tubo di presa e di là nei cilindri; quando invece la parte piena del disco mobile copre esattamente la parte forata del disco fisso, il vapore non può penetrare nel tubo e quindi neppure nei cilindri; nelle posizioni intermedie del disco mobile, entra nel tubo di presa più o meno vapore a seconda che i fori sono più o meno scoperti.

Ora che conosciamo sommariamente l'interno della locomotiva potremo comprenderne più facilmente anche la struttura esterna rappresentata dalla figura 236. In essa son distintamente visibili le tre parti principali che la compongono: il fornello, il corpo cilindrico e la camera del fumo. Sul dinanzi si scorge il cassetto di distribuzione, leggermente inclinato; sovr'esso si scorge una porzione del tubo di scarico del vapore ed obliquamente ad esso è disposto il tubo di presa del vapore che riceve il vapore dalla sommità della cupola, che sta dietro al fumaiuolo e lo conduce in uno dei due cilindri motori. Parallelamente al corpo cilindrico è collocata, orizzontalmente, una verga rigida che serve ad aprire più o meno il regolatore da cui dipende l'ingresso del vapore nei cilindri; al disotto del manubrio del regolatore se ne scorge un altro mercè il quale il macchinista chiude più o meno completamente le valvole applicate alla sommità del fumaiuolo. Siccome la nostra figura rappresenta una macchina con cilindri interni, così non è possibile vedere nè queste, nè le aste degli stantuffi, nè le bielle che abbiam già esaminate nella sezione longitudinale (figura 229).

La locomotiva che abbiam sott'occhio ha tre paia di ruote. Per la disposizione adottata son quelle di mezzo che ricevono direttamente il movimento impresso dagli stantuffi, e perciò appunto esse diconsi *ruote motrici*; le ruote anteriori hanno lo stesso diametro delle intermedie e sono ad esse accoppiate mediante bielle orizzontali: tale accoppiamento ha grandissima importanza poichè permette di utilizzare, per l'aderenza, tutto il peso sostenuto dalle quattro ruote anteriori della locomotiva.

Come ogni altra macchina a vapore, così anche la locomotiva è provveduta dei necessarii apparecchi di sicurezza destinati ad impedir al vapore acqueo di superare i limiti di tensione prestabiliti e ad aprirgli un varco non appena tali limiti fossero varcati. Perciò ogni locomotiva è munita di due valvole di sicurezza disposte l'una sovra un fianco, l'altra sull'altro, sulla parte posteriore della locomotiva e quindi sotto agli occhi del macchinista. Queste valvole son vedute di fianco nella fig. 236 ed in prospetto nella 237; sono le valvole di

più ben note ai nostri lettori. Siccome però i repentini movimenti della locomotiva avrebbero reso incomodo l'impiego di un peso per regolare la pressione, così esso fu sostituito da una molla spirale racchiusa in un tubo metallico. Questa molla può esser tesa più o meno grazie ad una madrevite o galletto, ed esercita quindi una pressione più o meno grande sulla piastra metallica che, a guisa di turacciolo, chiude il foro espressamente praticato nella parte superiore della caldaia. Un indice applicato all'estremità della molla indica, colla varia sua posizione, il diverso grado di tensione, — espressa in atmosfere, — posseduta dal vapore racchiuso nella caldaia.

Nella figura 237, alla destra d'una delle due valvole, si scorge il fischietto d'allarme, particolareggiatamente rappresentato dalla figura 238. I nostri lettori già sanno che il suono acuto e stridente che si fa udire nell'istante della partenza, in quello dell'arrivo e molte volte anche nel corso del viaggio è prodotto da quel fischietto, la cui struttura, è del tutto analoga a quella del fischietto precedentemente descritto (pag. 108, fig. 75). Vi ha però una differenza: mentre il fischietto delle macchine fisse è automotore, quello delle locomotive all'incontro è manovrato a mano dal macchinista; aprendo o chiudendo il robinetto che si scorge sulla sinistra della figura 238 si apre e si chiude

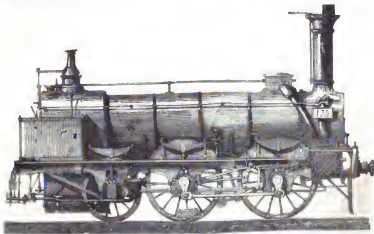



Fig. 236. Veduta esterna d'una locomotiva, a cilindri interni, per convogli misti.

il varco al getto di vapore che, uscendo dalla caldaia e andando ad urtare con forza sui labbri inferiori del campanello di bronzo, produce l'acuto fischio ben noto a quanti viaggiarono in ferrovia. Sulla fronte posteriore della locomotiva e quindi alla portata del macchinista son collocati: un *manometro metallico* (pag. 108, fig. 74), mercè il quale si può continuamente conoscere la tensione del vapore nell'interno della caldaia; un doppio *indicatore del livello d'acqua*, ossia tanto il *tubo di vetro* che comunicando con la caldaia indica a colpo d'occhio il livello al quale trovasi l'acqua contenuta nella stessa, quanto ancora i tre *robinetti di prova*, l'ispezione dei quali supplisce alle indicazioni del tubo di vetro, il quale, — per la sua fragilità, — può frequentemente trovarsi fuor di servizio.

La verga che si scorge ritta in piedi alla destra della caldaia (fig. 237) è il *timone* (in francese *coulisse*, *link-motion* in inglese); manovrandolo opportunamente, il meccanico può *invertire il vapore*, ossia far progredire o indietreggiare la locomotiva a suo talento: il movimento del timone è trasmesso, mediante organi intermedii, al cassetto che regola la distribuzione del vapore nell'interno di ciascun cilindro; spostando il cassetto si costringe lo stantuffo a cangiar direzione e quindi anche la biella, la manovella e le ruote son costrette ad indietreggiare.

Questo non è il solo ufficio del timone: ei serve pure, — mercè un'ingegnosa disposizione, che per amore di brevità non possiamo descrivere, — a regolare l'*espansione del vapore* (Vedi pagina 93) nell'interno dei cilindri motori a norma del biso

gno. Quando, ad esempio, la locomotiva deve trascinare un convoglio molto pesante o superare una strada a pendio, con tempo umido, — che rende lubriche le superficie delle rotaie, — ovvero quando il convoglio deve correre più veloce dell'usato, il macchinista diminuisce il periodo della espansione ed aumenta quindi il consumo di vapore, ma non appena è cessata la circostanza eccezionale ei riconduce l'espansione allo stato normale e consegue un'importante economia di vapore e quindi anche di combustibile.

Sappiamo già che il macchinista deve invigilare assiduamente l'indicatore del livello d'acqua per accertarsi continuamente che nella caldaia ci sia

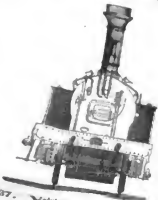



Fig. 237. Veduta posteriore d'una locomotiva.

tutta l'acqua necessaria a prevenire gravissime sciagure; ma come si può gradatamente introdurre nuova acqua nella caldaia in sostituzione di quella che — sotto forma di vapore — passa continuamente nei cilindri e di là nel fumaiuolo e per ultimo nell'atmosfera?

L'acqua a tal uopo necessaria è contenuta in apposito carro di scorta (anglicamente *tender*) nel quale è pur depositato l'occorrente combustibile; questo carro, rappresentato in sezione longitudinale dalla figura 239, è attaccato subito dopo la locomotiva e con essa ha comune la piattaforma destinata al macchinista ed al fuochista. Un serbatoio, costruito di lamiere di ferro, circonda a guisa di ferro di cavallo uno spazio interno, nel quale è depositato il carbon fossile od altro combustibile destinato all'alimentazione del fornello; la [illegible] ... zioni.

la capacità del serbatoio d'acqua varia dai 5000 agli 8000 litri, la quantità di combustibile che vuol essere caricata prima della partenza varia a norma delle circostanze dai 1000 ai 3000 chilogrammi. Siccome tanto il combustibile quanto l'acqua si consumano inevitabilmente durante il viaggio, così le locomotive destinate a compiere lunghi viaggi, devono di quando in quando rifornirsi alle stazioni intermedie. L'acqua che si vuol

Fig. 238. Fischietto a vapore e valvole di sicurezza.

introdurre nel serbatoio non vien versata in esso direttamente, ma bensì in un imbuto (visibile sulla sinistra della fig. 239), nel quale son praticati moltissimi forellini; per tal modo le sostanze eterogenee che eventualmente si trovano in quell'a-

Fig. 239. Sezione longitudinale del carro di scorta (tender).

cqua non penetrano nel serbatoio e quindi neppure nella caldaia: tanto da questa quanto da [illegible] si staccano due tubi flessibili che possono [illegible] mente essere riuniti in guisa da formare un sol tubo a perfetta tenuta d'acqua, e così l'acqua del serbatoio è in comunicazione con quella della caldaia; non può però penetrarvi poichè nella caldaia [illegible] vapore esercita una pressione di parecchie atmosfere sull'acqua sottostante, mentre l'acqua contenuta nel serbatoio è premuta da una sola atmosfera. È quindi necessario ricorrere ad un [illegible] canismo, mercè il quale si possa esercitare [illegible]

l'acqua che esce dal serbatoio, una pressione superiore a quella che il vapore esercita sull'acqua racchiusa nella caldaia. A tal uopo s'impiegavano, fino a pochi anni or sono, due piccole pompe aspiranti-prementi, ma in questi ultimi anni si rinunciò a queste pompe e si sostituirono ad esse due *iniettori Giffard*, simili a quello precedentemente descritto (pag. 109).

Il carro di scorta è unito alla locomotiva mediante una sbarra ad uncino e due catene laterali in ferro che veggonsi pendenti nella figura 237; catene consimili uniscono il carro di scorta al primo carro del convoglio.

Il carro di scorta è sempre provveduto di un robusto *freno*, la cui azione si fa contemporaneamente sentire su tutte le ruote del carro; l'ufficio del freno è importantissimo, esso serve a distruggere gradatamente la velocità acquistata dal convoglio, quando si vuol arrestarlo od almeno rallentarne la rapida corsa pel timore di qualche grave pericolo. Nessun freno riescirebbe ad arrestare improvvisamente un convoglio che viaggia a gran velocità, ma quand'anco ciò fosse realmente possibile, non sarebbe certo consigliabile il farne uso in tal guisa, poichè la repentina e formidabile scossa che inevitabilmente subirebbe tutto il convoglio non riescirebbe meno funesta del pericolo che si vorrebbe evitare.

XXIV.

CLASSIFICAZIONE DELLE LOCOMOTIVE.

Locomotive celeri, da merci, miste; a due o più paia di ruote accoppiate, ad uno o più assi motori. — Paragone fra le locomotive a cilindri esterni e quelle a cilindri interni. — Locomotive-tender. — La locomotiva Fell per la ferrovia provvisoria del Moncenisio. — Tipo di locomotiva americana. — Quadro delle principali dimensioni di alcune locomotive esposte alla mostra universale del 1867. — Lavoro effettuato dalle locomotive. — Spese di trazione. — I *premi di economia*. — Consiglio a tutti gl' industriali. — La vita media delle locomotive.

Le locomotive che percorrono le grandi linee ferroviarie possono essere ascritte, a norma del speciale servizio cui sono destinate, ad una delle seguenti categorie:

Locomotive viaggiatori quando sono impiegate a rimorchiare assai rapidamente, o, come dicesi, a *grande velocità*, un piccol numero di veicoli specialmente destinati ai viaggiatori.

Locomotive merci quando rimorchiano con moderata velocità *(piccola velocità)* convogli composti d'un gran numero di carri, esclusivamente destinati al servizio delle merci.

Locomotive miste quando rimorchiano con velocità intermedia fra le due precedenti convogli in parte destinati al servizio dei viaggiatori ed in parte a quello delle merci.

Le prime, che son dette anche *locomotive celeri*, viaggiano con una velocità effettiva che può variare dai 40 ai 60 chilometri all'ora; in circostanze eccezionali possono percorrerne 80 e persino 100. Del resto è facile comprendere che una stessa locomotiva potrà correre con velocità tanto maggiore quanto più lieve è il carico ch'essa deve rimorchiare; viaggiando sciolta essa potrà correre con la velocità massima, e dovrà invece gradatamente moderarla quanto più pesante sarà il convoglio che essa dovrà trascinare (1).

Le locomotive a grande velocità corrispondono tanto meglio allo scopo cui sono destinate, quanto maggiore è il diametro delle loro ruote motrici, sempre però entro a certi limiti imposti dalla natura del problema.

La figura 240 rappresenta una locomotiva di questa specie, conosciuta col nome dell'ingegnere inglese, Crampton, che ebbe per primo la felice idea di collocare la ruota motrice di grande diame-

(1) Il seguente quadro varrà a dare un'idea della relazione che corre fra il *peso lordo* e la velocità dei convogli, sopra ferrovia orizzontale, ove per peso lordo si intende il peso complessivo della locomotiva, seguita dal suo carro di scorta, e di tutto il carico che vuolsi rimorchiare.

Carico lordo in tonnellate	Velocità oraria in chilometri	Carico lordo in tonnellate	Velocità oraria in chilometri
60	100	180	60
82	90	210	50
105	80	225	45
127	75	315	35
150	70	427	20
165	65		

tro (da 1.m 70 fino a 2.m 50) sulla parte posteriore della locomotiva, il che permette di impiegare ruote sì grandi senza tuttavia mantener troppo sollevata la caldaia, nel qual caso sarebbe compromessa la stabilità della locomotiva sulle rotaie. In queste macchine, tanto i cilindri quanto tutto il meccanismo son collocati esternamente, il che rende agevole l'ispezione e l'untura dei singoli organi.

Le locomotive Crampton ed in generale, tutte quelle destinate ai convogli celeri, sono sostenute da sei ruote; quattro di queste, di piccolo diametro, sono del tutto indipendenti dal meccanismo e servono unicamente a sostenere parte del grave peso della locomotiva, le altre due di maggior diametro son dette *ruote motrici* poichè vengon messe in movimento dagli stantuffi; affinchè il convoglio progredisca è necessario che la somma di tutte le resistenze che si oppongono al suo movimento sia inferiore all'*aderenza* (1) che incontrano le ruote motrici girando sulla sottostante rotaia.

Mentre, come diremo fra breve, nelle locomotive merci tutto il peso della locomotiva concorre a produrre l'aderenza, in quelle destinate ai viaggi celeri si utilizza a tale scopo soltanto quella parte del peso della locomotiva che gravita sulle due ruote motrici; perciò le locomotive con due sole ruote motrici, — dette anche ad un *asse motore*, — posseggono aderenza utile molto minore di quella posseduta dalle locomotive a *quattro, sei, otto, dieci*, e persin *dodici ruote accoppiate* (che son dette rispettivamente a *due, tre, quattro, cinque, sei assi accoppiati*), circostanza che non reca alcun nocumento, perchè i convogli celeri son formati da piccol numero di veicoli e perciò riescono di poco peso; la minor aderenza utile è compensata dalla forza risparmiata in confronto a quella che andrebbe spesa a vincere i maggiori attriti che si devono superare quando le ruote sono accoppiate, quando cioè due di esse non possono muoversi senza indurre in movimento due o più altre.

Nelle locomotive particolarmente destinate al trasporto delle merci si rinuncia alla celerità del viaggio e si mira specialmente ad aumentare la potenza di trazione (1); perciò le locomotive merci hanno sei, otto, dieci e persino dodici ruote di piccolo diametro (da 1.m 10 ad 1.m 50) e cilindri di grandi dimensioni (del diametro fino a 0.m 60). Il movimento impresso dall'asta dello stantuffo ad una delle ruote della locomotiva è da questa trasmesso a tutte le altre mercè bielle di accoppiamento; per tal modo tutte le ruote sono fra loro solidali, il movimento di una di esse obbliga necessariamente a muoversi anche tutte le altre. Grazie a tale disposizione tutto il peso della locomotiva concorre a produrre la forte aderenza necessaria a rimorchiare i pesanti convogli merci.

Le locomotive destinate al servizio merci viaggiano generalmente con velocità inferiore ai trenta chilometri all'ora, ma in compenso sono in grado di rimorchiare, anche sopra ferrovie con pendenze del 5 per 1000, dei convogli composti persino di 45 carri, contenenti ciascuno dieci tonnellate di merci.

Le *locomotive miste* tengono il mezzo fra quelle destinate al solo servizio dei passeggeri e quelle destinate al solo servizio delle merci. Esse viaggiano con velocità variabile dai 35 ai 45 chilo[illegible]

(1) L'*aderenza* fra la ruota e la rotaia è generalmente rappresentata da fp, ove p rappresenta la pressione verticale della ruota sulla sottostante rotaia, ossia la porzione del peso della locomotiva che agisce sulla ruota che si considera, ed f è il coefficiente d'attrito fra il contorno della ruota e la superficie della rotaia; l'esperienza dimostra che f non è mai maggiore di $1/5$ ossia 0.17 del peso che gravita sulla ruota e che quando le rotaie sono bagnate e coperte di foglie umide f riducesi ad $1/10$ soltanto; in condizioni ordinarie si ammette $f = 0.14$. Se la resistenza opposta dal peso del convoglio è superiore alla aderenza fra le ruote e le rotaie, le prime, — sotto l'influenza del meccanismo, — continueranno a girare, scivoleranno sulla rotaia senza però progredire, la locomotiva e quindi tutto il convoglio rimarranno immobili al loro posto. — In pratica si ritiene che la resistenza opposta da un convoglio del peso lordo di T tonnellate, che si muove sopra strada, con curve di 300 metri di raggio, inclinata, all'orizzonte dell'angolo a, sia espressa da T (0,009 + sen a), perciò questa quantità dovrà essere sempre minore dell'aderenza che può essere sviluppata dalla locomotiva. Dalla formola ora trascritta risulta manifesto che la resistenza che i veicoli [illegible] vincere con la locomotive cresce rapidamente al crescere dell'angolo a e quindi della pendenza delle strade, come si è già avvertito a pag. [illegible].

(Dal Couche, [illegible] pratique de l'Exploitation et de [illegible] de fer. Paris, Baudry, 1868. Tome II, [illegible])

(1) Lo sforzo teorico di trazione d'una locomotiva [illegible] espresso da $E = \frac{P d^2 l}{D}$ ove P rappresenta la pressione [illegible] soluta del vapore in caldaia per ogni metro quadrato, [illegible] il diametro dei cilindri espresso in metri; l la corsa [illegible] stantuffi che è eguale al diametro della circonferenza [illegible] scritta dal bottone della manovella; D il diametro [illegible] ruota, applicato all'asse motore, misurato alla circonf[illegible] renza che si sviluppa sulle rotaie. Il vapore passando dalla caldaia nei cilindri si raffredda e perde perciò parte [illegible] sua pressione; nella pratica si ritiene che lo sforzo [illegible] effettivo di trazione corrisponda allo sforzo teorico molti[illegible] plicato pel [illegible] 0.65.

metri all'ora, a seconda dell'andamento della strada (più o meno in pendenza) e della quantità del carico che devono rimorchiare. Le loro ruote motrici hanno da 1.m 50 a 1.m 60 di diametro. Generalmente sono sostenute da tre paia di ruote, due accoppiate ed il terzo indipendente, come è indicato dalla figura 236.

Questi varii tipi di locomotive possono essere costrutti in due modi ben distinti: con *cilindri esterni* o con *cilindri interni*; quest'ultima disposizione presenta sull'altra un'importante superiorità; le locomotive coi cilindri interni sono soggette a minori oscillazioni laterali, quindi presentano maggior stabilità ed hanno un movimento più dolce delle altre; ma non vi son rose senza spine: questa superiorità è attenuata dalla difficoltà di ispezionare, pulire ed ungere tutto il meccanismo che rimane racchiuso fra le ruote, e dalla necessità di costruire l'asse motore con la doppia piegatura a gomito, circostanza che ne rende difficile la fabbricazione ed aumenta le probabilità di rottura in confronto a quelle che si possono temere negli assi diritti delle locomotive a cilindri esterni.

Per aumentare la potenza delle locomotive destinate ai trasporti di merci, si costrussero in questi ultimi tempi colossali macchine con sei paia di ruote e quattro cilindri; due di questi animano

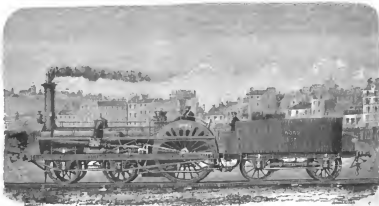



Fig. 240. Locomotiva Crampton.

le sei ruote anteriori, gli altri due mettono in movimento le sei ruote posteriori. Come si scorge dalla figura 241, che rappresenta una di queste locomotive, il carro di scorta o *tender* è montato sullo stesso carro che sostiene la locomotiva: tale disposizione fu adottata per la prima volta dall'ingegnere austriaco Engerth, nel 1850, per superare le forti pendenze della ferrovia del Sömmering (già menzionate a pag. 253). Nelle locomotive di questa specie, dette *macchine a tender*, tutto il peso del carro di scorta e delle provviste d'acqua e carbone in esso contenute, gravita sulle ruote motrici e quindi concorre ad aumentare l'aderenza utile per rimorchiare i convogli.

Le colossali dimensioni della macchina-tender, rappresentata dalla figura 241, obbligarono il costruttore ad assegnare speciale struttura al fumaiuolo, che altrimenti avrebbe raggiunta altezza incompatibile colle ristrette dimensioni dei sotterranei e dei sopra-passaggi ferroviarii.

Sulla ferrovia provvisoria del Moncenisio che il Fell aveva piantata prima che fosse forata la grande galleria (già menzionata a pag. 253) venivano impiegate le macchine-tender, rappresentate dalla figura 243.

« Queste macchine (1) costrutte in base ai disegni dei signori ingegneri Fell e Alexander pesano, vuote, circa 18 $^1/_2$ tonnellate, e cogli approvigionamenti di marcia 22 tonnellate. La superficie di riscaldamento è di 60 metri quadrati all'incirca. Il meccanismo si compone di due cilin-

(1) Vedi L'Annuario scientifico ed industriale, anno quinto; Milano 1869, all'articolo *Meccanica* del prof. ing. G. Colombo a pag. 568.

dri di 0,m 38 di diametro e 0,m 40 di corsa; le aste dei loro stantuffi comandano direttamente, mediante bielle, due coppie di ruote orizzontali di 0,m 71 di diametro, collegate con bielle d'accoppiamento; e comandano nello stesso tempo, mediante bilancieri e bielle, due coppie di ruote verticali di pari diametro, pure collegate con bielle d'accoppiamento. Così la macchina è a due sale; ma originariamente doveva averne tre, e tali appunto erano le prime costruite ed esposte a Parigi nel 1867 dalla casa Gouin e C.; se non che nella prova la terza sala si dimostrò impossibile sulle curve, per cui fu tolta; e la locomotiva assunse la forma che hanno attualmente le macchine applicate all'esercizio della linea. Le due coppie di ruote orizzontali si svolgono sulla rotaia centrale (1) e vi son premute contro da forti molle spirali d'acciaio, di cui il macchinista regola la tensione in modo da aumentare ad arbitrio l'aderenza della macchina oltre a quella ottenuta col peso suo e degli approvvigionamenti; questo aumento di aderenza non si utilizza che sulle pendenze più forti della linea e quando le condizioni atmosferiche sono sfavorevoli all'aderenza: negli altri casi le ruote orizzontali non fanno altro che guidare e trattenere la macchina sul binario, cosa di somma importanza nelle rislrettissime curve adottate, le quali, sul versante francese hanno persino il raggio minimo di 39 metri.

Fig. 241. Locomotiva-tender con dodici ruote e quattro cilindri.

Vi presentiamo infine, come curiosità delle specie, un tipo di locomotiva (fig. 242) in uso negli Stati Uniti dell'America settentrionale, tanto pei convogli passeggieri quanto per quelli delle merci.

La parte anteriore della locomotiva è sostenuta da un carretto formato di quattro ruote di piccolo diametro, completamente indipendenti dalle ruote posteriori; gli assi delle prime possono assumere una direzione obbliqua rispetto agli assi delle ultime, e perciò questa locomotiva può percorrere anche curve di piccolo raggio; d'altra parte l'indipendenza fra le ruote anteriori e le ruote motrici, che, come si scorge dalla figura, occupano la parte posteriore, permette di utilizzare per l'aderenza soltanto una parte del peso che gravita sulle ruote motrici. Il fumaiuolo ha la forma d'un cono rovescio a base molto ampia, sulla quale è tesa una tela metallica a larghe maglie; questa, pur permettendo l'uscita del fumo e del vapore, la impedisce almeno in parte alle

Fig. 242. Locomotiva americana.

numerose scintille prodotte dal legno che è il combustibile quasi esclusivamente impiegato agli Stati Uniti.

Sul dinanzi della locomotiva vedesi una rastrelliera che gli Americani chiamano cow-catcher (scaccia buoi), essa fa l'ufficio di spazza-via; la grossa campana che si scorge nel disegno è messa a disposizione del macchinista che la fa vibrare quando il convoglio sta per attraversare un passaggio a livello. Per ultimo chiamiamo la vostra attenzione sulla garretta che ripara il macchinista dalle intemperie.

Senza entrare in minuti particolari intorno alle varie categorie di locomotive fino ad ora accennate, crediamo però opportuno presentare al lettore un quadro (estratto da altro più completo contenuto nella pregiata opera del signor Gouschler) (1) delle principali dimensioni di alcune locomotive che figuravano all'Esposizione universale del 1867.

(1) La ferrovia del Cenisio è armata con tre rotaie: due di queste costituiscono un binario simile a quelli delle strade ferrate, però ha la larghezza ridotta a 1m,10, la terza rotaia — intermedia fra le altre due, perciò appunto chiamata centrale — è a doppio fungo simmetrica, disposta orizzontalmente e sollevata, circa 0,m 20, sulle altre due. Questa terza rotaia è applicata soltanto su tratti della linea dove è pendenza molto forte.

(1) Opera citata — pag. 89.

QUADRO DELLE PRINCIPALI DIMENSIONI DI ALCUNE LOCOMOTIVE (Esposizione universale del 1867).

Classificazione delle locomotive (in base al numero degli assi motori)		Un asse motore		Due assi motori			Tre assi motori		Quattro assi motori		Cinque assi motori	Sei assi motori	Locomotiva del Cenisio
Ferrovie sulle quali funzionano		Great-Eastern	Egitto	Nord francese	Belgio	Russia	Mezzodì francese	Gran Duc. di Baden	Mezzodì francese	Russia	Orléans	Nord francese	—
Costruttori		Creusot	Stephenson	Cail e C.	Cockrill	Sigl	Officine della Comp.	Officine di Carlsruhe	Cail e C.	Sigl	Off. della Comp. (1)	Gouin e C. (1)	Gouin e C. (2)
Peso della macchina vuota	Chilogr.	28200	27422	27500	30319	29500	30500	30400	39000	43500	47500	46200	17000
Pressione della macchina piena:													
Sul 1.° asse anteriore	»	9200	9648	11300	9500	10500	11200	12000	10000	11500	11700	10000	8000
» 2.° » »	»	13900	13710	11500	12000	11000	12500	11700	10000	12500	11700	10600	8500
» 3.° » »	»	8600	7109	8000	12000	11500	11000	11750	11900	13000	12330	8600	5000
» 4.° » »	»	—	—	—	—	—	—	—	11600	12000	12450	17200	—
» 5.° » »	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12450		—
» 6.° » »	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11500	—
Pressione totale sulle rotaie	»	31700	30409	30800	33500	33000	34700	35000	43500	49000	60630	59900	21500
Aderenza utile per la trazione	»	13900	13710	22800	24000	22500	34700	35000	43500	49000	60630	59900	—
Caldaia.													
Fornello – Lunghezza	M. lin.	1,382	1,219	1,600	2,740	1,100	1,450	1,325	1,900	1,638	1,828	1,880	1,080
Fornello – Larghezza	»	1,043	1,057	1,020	1,120	1,080	1,008	1,004	1,000	1,110	1,132	1,600	0,803
Fornello – Superficie	M. quadr.	1,440	1,289	1,632	3,070	1,310	1,460	1,330	1,900	1,818	2,070	3,000	0,932
Tubi – Numero		190	161	164	208	150	223	203	249	220	280	275	159
Tubi – Diametro interno	M. lin.	0,040	esterno 0,051	0.040	0,045	0,050	0,044	0,0445	0.045	0,0465	0,045	0,051	0,0335
Tubi – Lunghezza	»	3,664	3,454	3,800	3,057	4,300	4.460	4,350	5,200	4,724	5,000	2,500	2.921
Superficie vaporizzante – del fornello	M. quadr.	7,380	7.712	7,30	10.08	7,500	8,360	7,600	10.8123	9,680	10,000	9,600	4.98
Superficie vaporizzante – dei tubi	»	97,120	88,719	90.00	79,92	101,500	137,250	120,600	183,0459	166,320	200,000	143,400	55,14
Diametro medio del corpo cilindrico	M. lin.	1,200	1,219	1,275	1,273	1,265	1,361	1,380	1,500	1,524	1,600	1,450	0,905
Spessore della lamiera del corpo cilindrico	»	0,0112	0,0127	0,014	0,011	0,015	0,009	0,015	0,010	0,016	0,010	0,014	0,008
Pressione effettiva del vapore	Chilogr.	9,5	12,75	8	8	7	8	10	8	8	8	8	8 1/2
Volume d'acqua contenuto nella caldaia	M. cubi	3,200	2,539	2,900	3,100	3,380	4,000	3,840	5,633	5,500	5,580	3,500	1,080
Volume di vapore » » »	»	1,070	1,444	1,800	2,010	1,020	1,980	1,686	2,430	2,000	3,915	1,000	0,880
Camera del fumo – Lunghezza interna	M. lin.	0,832	0,825	0,759	0,764	0,850	0,994	0,950	0,883	0,820	1.100 / 0,940	0,900	0,546
Camera del fumo – Larghezza »	»	1,410	1,460	1,275	1,250	1,480	1,370	1,380	1,500	1,556	1,850	1,478	1,080
Meccanismo.													
Diametro dei cilindri	M. lin.	0,4065	0,406	0,420	0.430	0,406	0,450	0,457	0,500	0,530	0,500	0,440	0,406
Corsa degli stantuffi	»	0,610	0,559	0,560	0,560	0,632	0,650	0,635	0,650	0,632	0,600	0,440	0,406
Sostegni.													
Numero degli assi		3	3	3	3	3	3	3	4	4		6	3 (3)
» » » accoppiati		—	—	2	2	2	3	3	4	4	5	6	3
Distanza fra gli assi estremi	M. lin.	4,572	4,776	4,400	4,630	3,350	3,600	3,450	4,140	3,885	4,532	6,000	3,096
Diametro delle ruote motrici	»	2,165	1,981	1,800	2,000	1,570	1,600	1,212	1,300	1,220	1,070	1.065	0,712 e 0,610 (4)
» » » di sostegno	»	1,099	1.143	1.2175	1,200	1,270	—	—	—	—	—	—	
Potenza di trazione (5)	Chilogr.	2874	3854	2853	2092	3018	4278	7112	6500	7566	7295	8313	5100

(1) Macchine-tender. — (2) Per ferrovia con binario largo 1 m. 10 e rotaia centrale. — (3) Presentemente la locomotiva del Cenisio è sostenuta da due assi soltanto; convenne sopprimere il terzo asse per poter così percorrere anche le curve di soli 20 metri di raggio. — (4) Ruote orizzontali. — (5) Calcolata con la formula $E = \frac{Pd^2l}{D}$ prendendo per coefficiente di 65.

(Estratto dal Goschler, *Op. cit.*).

Tutti questi elementi concorrono ad ntilizzare in modo più o meno completo la forza motrice del vapore. L' aderenza della macchina sulle rotale è pure un importante elemento da tenersi a calcolo e quest' aderenza (come abbiam detto a pag. 291) dipende dalla pressione esercitata dalle ruote motrici sulla rotaia e dallo stato nmido o secco di quest'ultima. Quaudo l'aderenza risulta troppo debole rispetto alla potenza di trazione, e le rotaie sieno umide, il primo movimento del convoglio, all'atto della partenza, riescirà difficile, le ruote gireranno senza progredire (1).

« L'esperienza dimostra che imprimendo alle ruoli motrici una velocità corrispondente a due giri e mezzo o tre giri al minuto secondo, si ottiene il massimo effetto utile senza che la conservazione dei singoli organi del meccanismo risulti menomamente compromessa. Ciò posto, riesce facile il comprendere che la forza della macchina produrrà grande velocità quando le ruote motrici avranno diametro molto grands, e produrrà invece grande potenza di trazione quando le ruote motrici avranno piccolo diametro e saranno accoppiate ».

Generalmente le locomotivs si vendono a peso, il loro prezzo varia dalle due lire alle due lire e mezza al chilogramma.

« La quantità di combnstibile che esse consu-

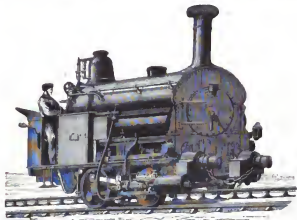



Fig. 243. Locomotiva Fell.

mano varia non solo a seconda della categoria della locomotiva, ma a seconda delle sue qualità particolari, a seconda della stagione, del clima, del peso, della velocità dei convogli, della maggiore o minore abilità del macchinista e del fuochista, delle endenze più o meno spiccate che si incontrano sulla linea.

« Una locomotiva Crampton rimorchiando 12 vetture consuma d'estate 8 chilogrammi di arso (*coke*) per ogni chilometro percorso, 8 e mezzo nei mesi d' inverno.

« Una locomotiva mista consuma l' egual quantità di combustibile rimorchiando 18 vetture.

« Una potente macchina merci consuma 16 chilogrammi di carbon fossile durante l'estate, 18 durante l' inverno.

« Questi dati son basati sopra combustibili d'ottima qualità; se all'incontro l' arso (*coke*) od il carbon fossile fossero di qualità mediocre, ci vorrebbero 11 chilogrammi al chilometro per le locomotive da viaggiatori e 23 chilogrammi per la locomotiva merci.

« Queste sono in media le quantità di combu-

(1) In molte locomotive si colloca, superiormente alla caldaia, una cassetta ripiena di sabbia secca, due tubi si staccano dalla medesima e vanno a terminare superiormente a ciascuna delle due rotaie, dalla parte anteriore di due ruote motrici; entrambi quei tubi sono muniti di robinetto. Quando le ruote girano senza procedere, il macchinista apre quei robinetti, la sabbia cade sulle rotaie, la loro superficie divien scabra e presenta maggior aderenza alle ruote motrici che in tal guisa riescono a superare la difficoltà della partenza ed il convoglio si mette in movimento.

stibile accordate ai macchinisti. Esse son molto inferiori a quelle che si accordavano vent'anni or sono. Quasi dappertutto, sotto l'influenza d'una migliore organizzazione del servizio, dei perfezionamenti introdotti nella costruzione e nella manutenzione delle locomotive, e dei premi d'economia accordati ai macchinisti ed ai fuochisti, il consumo di combustibile si è gradatamente ridotto alla metà ed in alcuni luoghi è disceso ancor più basso. Son citate in proposito le ferrovie del Belgio, sulle quali, nel periodo dal 1839 al 1855 il consumo medio discese dai 19 agli 8 chilogrammi. »

Ma il combustibile non è ancor tutto: vi sono l'olio, il grasso, l'acqua, le spese di manutenzione, quelle di acquisto e di ammortizzazione delle macchine e dei tender. Tutto ciò costituisce le *spese della trazione*. Si può averne un'idea esaminando l'unito prospetto, che rappresenta la spesa sostenuta, pel servizio della trazione, dalle ferrovie dell'alta Italia durante l'anno 1868:

Chilometri in esercizio (al 31 dicembre) 2376 (media di tutto l'anno 2370).

Chilometri percorsi dai convogli 9,449,048.

SPESE	Totale	Per chilometro in esercizio	Per chilometro percorso	%
Condotta	L. 1,481,451	L. 600	L. 0,151	17
Combustibile	» 3,931,307	» 1634	» 0,410	44
Servizio dell'acqua	» 103,244	» 43	» 0,011	1
Manutenz. delle locom. e tender	» 1,434,530	» 607	» 0,152	17
» delle carrozze e carri	» 1,230,800	» 519	» 0,130	11
Untura e palitura delle locomotive e dei veicoli	» 519,513	» 219	» 0,055	5
Personale e spese diverse	» 190,906	» 81	» 0,020	2
	L. 8,738,911	L. 3712	L. 0,932	100

« Dobbiam chiarire in che consistono i *premi d'economia* poc'anzi menzionati. In base ad accurate esperienze ogni macchinista riceve la quantità di combustibile che fu riconosciuta necessaria per conseguire con la locomotiva il trasporto d'un dato peso, con data velocità a determinata distanza; or bene, la maggior parte delle compagnie ferroviarie riconobbe l'opportunità di destinare a beneficio del macchinista una certa parte delle economie ch'egli riesce ad effettuare. Interessando in tal guisa i conduttori delle locomotive a consumare soltanto la quantità di combustibile strettamente necessaria, le compagnie raggiungono un doppio intento, diminuiscono il consumo e spronano il macchinista a mantenere la sua locomotiva nel miglior stato possibile: una locomotiva mal tenuta consuma molto più combustibile senza neppur recare gli stessi servigi che si potrebbero ricavarne quando fosse invece tenuta con maggior cura.

« D'altra parte, per evitare i ritardi che potrebbero verificarsi per troppa avidità di lucrare il premio, le compagnie stabilirono in pari tempo un premio d'esattezza per quei macchinisti che arrivano col convoglio all'ora prestabilita, con una latitudine di soli cinque minuti e stabilirono infine una multa di venti centesimi per ciascun minuto di ritardo dopo trascorsi quei cinque minuti. Su alcune ferrovie i macchinisti vanno inoltre soggetti ad un terzo della multa che la compagnia deve pagare al governo in caso di ritardo.

« Il premio d'economia, che si estende anche sulle materie grasse e sugli altri oggetti di consumo, può essere applicato in due modi:

« La quantità di combustibile assegnata può essere ben poco diversa dal minimo necessario ed allora il premio è una frazione molto grande dell'economia conseguita, ad esempio il 40 per 100; oppure la quantità di combustibile è maggiore, ma il premio è proporzionalmente minore. Non so se altre industrie abbiano adottato questo sistema che impedisce lo spreco delle materie e si riflette ad un tempo tanto sul lato pecuniario quanto sul lato morale dell'impresa; però è certo che esso merita d'essere generalizzato ogniqualvolta le condizioni d'un'impresa qualsiasi lo rendono possibile. »

Per finirla coi dati statistici diremo ancora che sulle ferrovie italiane, ogni locomotiva percorse in media, nel 1867, chilometri 23,862 (1). Generalmente si ritiene che una locomotiva possa percorrere 300,000 chilometri prima d'essere ricostrutta: in tal caso la vita media d'una locomotiva risulterebbe di circa 12 anni e mezzo.

(1) Ecco un prospetto delle locomotive esistenti al 31 dicembre 1867 sui varii gruppi di ferrovie italiane e del lavoro da esso effettuato in quell'anno.

GRUPPI	Chilometri in esercizio al 31 dicembre	Locomotive Numero totale	Locomotive Per chilometro di via	Percorrenza totale dei convogli utili	Percorrenza delle locomotive Totale	Percorrenza delle locomotive Per locomotiva
Alta Italia	2372	628	0,233	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Romane	1685	198	0,115	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Meridionali	1196	158	0,136	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Calabro-Sicule	140	23	0,154	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	0,171	[illegible]	[illegible]	[illegible]

XXV.

La locomotiva in azione: il macchinista ed il fuochista; requisiti necessari a formare un buon macchinista: quali sono gli incarichi che gli sono affidati. — Scelta di buona acqua per l'alimentazione delle caldaie. — Varie qualità di combustibile; quantitativi consumati dalle ferrovie dell'Alta Italia nel 867. — Cautele da prendersi all'atto della partenza, durante ed al termine del viaggio. — Il carro di scorta o *tender*. — Guasti che possono verificarsi durante il viaggio.

Ed ora che conosciamo, almeno sommariamente, i più importanti organi che costituiscono una locomotiva e le principali forme che essa può avere a seconda che appartiene all'una o all'altra delle categorie da noi menzionate, non vi riescirà forse sgradito di avvicinarvi ad una di queste macchine ingegnose per vederla in azione.

Come tutti sanno, la locomotiva ed il carro di scorta sono affidati alle cure di due appositi impiegati: il macchinista ed il fuochista o scaldatore: questi è posto sotto l'immediata dipendenza del primo e compie sotto ai suoi ordini tutti quegli incarichi pei quali si richiede più forza che abilità: alimenta il fornello, chiude od allenta il freno, pulisce a spalma d'unto i singoli congegni. Il macchinista deve possedere alcune cognizioni elementari di fisica e di meccanica, deve avere una mente osservatrice, dev'essere intelligente, attivo e coraggioso, deve all'occasione saper affrontare il pericolo senza perdersi d'animo: la vita e le sostanze di centinaia di viaggiatori possono dipendere dalla sua abilità, dal suo sangue freddo. Perciò le amministrazioni ferroviarie procurano, ben a ragione, di circondarsi d'ogni possibile cautela sia nell'assunzione di nuovi macchinisti, sia nel promuovere a tal carica i fuochisti e gli allievi macchinisti che se ne mostrano realmente meritevoli.

Quali adunque sono gl'incarichi affidati al macchinista? Ce lo dice molto abilmente uno degli autori che abbiam largamente consultati nella compilazione di questi capitoli. Egli interroga un macchinista e lo fa parlare (1):

« Le locomotive sono come i cavalli, ve ne sono di buone, di cattive e di mediocri; ma come l'abito fa il monaco, come il cavaliere ed il palafreniere fanno la bestia, così il macchinista ha larga parte nei buoni o cattivi servizi che si possono avere da una locomotiva. Vedrete quali e quante sieno le incombenze che ci sono affidate e riconoscerete tosto se ciò che vi dico è vero. Incominciamo dal nutrimento: l'acqua d'alimentazione ed il combustibile.

« Non occorre avvertire che una locomotiva non può dirsi pronta per la partenza se prima non è stata minutamente visitata, pulita e lavata con ogni cura. Se non ci vuol altro, mi direte forse, il mettersi in viaggio non è poi affare molto serio: si carica il carro di scorta coll'acqua e col combustibile necessari pel viaggio, empinta d'acqua la caldaia, si accende il fuoco a poi si può partire, lo spero? È verissimo, tuttavia la bisogna non proceda tanto spedita come può sembrarvi.

« L'acqua è fornita da *serbatoi* o *gru idrauliche* opportunamente collocate nell'interno delle stazioni. Ma un punto importantissimo, — posso parlarne per la mia lunga esperienza, — è la scelta di buona acqua per l'alimentazione della caldaia. Se, come è frequente il caso nella acque sorgenti, l'acqua è carica di sali calcarei, questi formano in breve una grossa incrostazione sulle pareti della caldaia a dei tubi. Allora il servizio riesce assai faticoso, il metallo della caldaia si guasta rapidamente, qua e là si manifestano fughe di vapore, e la locomotiva deve passare assai presto nelle officine di riparazione.

« Ma non vi sono sostanze che mescolandosi chimicamente coi sali contenuti nell'acqua racchiusa nella caldaia, impediscono le incrostazioni?

« Sì, certo, ma fatalmente molte di esse corrodono anche il ferro e quindi a lungo andare, compromettono l'esistenza della caldaia. — Il mezzo migliore e più sicuro si è di purificare preventivamente le acque destinate all'alimentazione del serbatoi. Volete persuadervi della somma importanza di questo argomento? traduciamolo prosaicamente in denaro: il dispendio di combustibile può, — quando si impieghino acque pure, — diminuire di dieci centesimi per locomotiva e per chilometro percorso; quest'economia in apparenza insignificante non rimane poi tale in fin d'anno, si può valutarla a circa 2380 lire annue per ciascuna locomotiva (1).

(1) Vedi GUILLEMIN, *Les chemins de fer*, pag. 270 e seguenti.

(1) Come abbiamo già detto, il percorso annuo di cia-

« Ma non basta ancora: nei rigidi inverni l'acqua gela nei serbatoi e nelle condutte, allora convien riscaldarla sia direttamente impiegando combustibile di rifiuto, sia indirettamente dirigendo nei serbatoi una corrente di vapore fornita da locomotive. Se invece, per alimentare una caldaia che è già in azione, si adoperasse acqua molto fredda, la pressione del vapore scemerebbe repentinamente e la locomotiva potrebbe trovarsi nell'impossibilità di proseguire.

« La scelta del combustibile dipende essenzialmente da condizioni locali; in alcuni paesi riesce più economico l'impiego del carbon fossile, altrove quello dell'arso (*coke*) o della lignite (1); in America, ove abbondano i legnami, questi vengono impiegati quasi esclusivamente per l'alimentazione dei fornelli della locomotiva. I minuti frammenti di carbone, che una volta sembravano quasi inutili, sono ora vantaggiosamente impiegati per la fabbricazione di *mattonelle* che son piccoli parallelepipedi formati di quei frammenti impastati con catrame liquido.

« Quanto tempo ci vuole per riscaldare la macchina?

« Da una a tre ore, a seconda dello stato della locomotiva, del combustibile e della stagione; è prudente anticipare per non trovarsi al momento della partenza senza la necessaria pressione di vapore nell'interno della caldaia. È sottinteso che prima di accendere il fuoco nel fornello convien chiudere il regolatore ad i freni, e portare al centro il timone, altrimenti quando il vapore incomincia ad acquistare forza nell'interno della caldaia, la locomotiva si metterebbe spontaneamente in movimento e andrebbe poi a finire chi sa dove.

« Quando poi la locomotiva è pronta, prima di attaccarla al convoglio, bisogna osservare attentamente se il carro di scorta ha la necessaria provvista d'acqua e di combustibile, se le pompe o l'iniettore funzionano a dovere, se gli assi delle ruote ed i singoli organi della macchina sono unti convenientemente, se i recipienti dell'olio e del grasso sono pieni e cento altre minuzie che noi nel mestiere comprendiamo essere tutte importantissime.

« Arriva finalmente l'istante della partenza, bisogna mettersi in viaggio cautamente, partire con piccolissima velocità per dar tempo al moto della macchina di propagarsi senza scosse al carro di scorta ed a tutti i carri costituenti il convoglio; partendo invece addirittura con gran velocità la locomotiva spezzerebbe le catene che la uniscono al convoglio, ed il minor male che potrebbe derivarne sarebbe un'inutile spesa ed un ritardo nella partenza. A poco a poco il macchinista apre il regolatore, aumenta quindi gradatamente l'afluenza del vapore nei cilindri, il moto degli stantuffi e quindi di tutta la macchina si fa più rapido, e poi il convoglio viaggia con la velocità normale preventivamente stabilita.

« Una delle più gravi difficoltà che incontra il macchinista nel principio della sua carriera consiste nel regolare esattamente il consumo del combustibile; ei deve mantenere il vapore ad una tensione costante, procurando tuttavia di consumare la minima quantità di combustibile.

« Durante il viaggio convien tener conto del profilo e dell'andamento della strada, dello stato delle rotaie e del peso del convoglio che si trascina; quando la strada è in ascesa convien aprire il regolatore per compensare con maggior affluenza di vapore il maggior sforzo che deve superare la locomotiva; all'incontro, quando la strada è in discesa convien chiudere parzialmente tanto il regolatore quanto i freni per impedire al convoglio di acquistare velocità troppo grande; il macchinista deve inoltre rallentare la corsa ogni qualvolta passa sopra un curva di piccolo raggio (vedi pag. 256), e finalmente quando sta per entrare in una stazione, sia per fermarvisi uno o più minuti, sia solo per attraversarla.

« Quando finalmente il convoglio sta per arrivare all'ultima stazione, bisogna limitare l'introduzione di nuovo combustibile nel fornello in guisa da non produrre quantità di vapore superiore a quella strettamente necessaria per portare il convoglio fino al punto prestabilito. [illegible] eseguire quindi con la locomotiva quelle manovre che possono abbisognare nell'interno della stazione e per rientrare poi nella rimessa o [illegible]

scuna locomotiva, sulle ferrovie italiane, fu in media — nel 1867 — di 23862 chilometri; l'economia risulta quindi di 2380 lire per locomotiva e per anno.

(1) Durante il 1867 sulle ferrovie dell'Alta Italia si consumarono 127474 tonnellate di combustibile: in queste il carbon fossile e le mattonelle figuravano per tonn. 73556; l'arso (coke) per tonn. 3196; la lignite per tonn. 48127 e la legna (specialmente destinata all'accensione nei depositi) per tonn. 2295. Nel suddetto anno i convogli ferroviarii percorsero complessivamente (sulla rete dell'Alta Italia) chilometri 9457837; in media [illegible] percorso dai convogli richiedette il consumo [illegible] chilogrammi di combustibile, ripartiti [illegible] fossile e mattonelle chilogr. 7.47; [illegible] lignite, chilogr. 4.92; legna, chilo[illegible] corrispondente fu in media di L. [illegible] chilometro percorso dai convogli e [illegible] L. 0.88 in pianura; L. 3.67 sulla [illegible] L. 2.09 sulla linea della Porretta. [illegible] ciò che si è detto in proposito nella [illegible]

posito delle locomotive; l'eccedenza di vapore andrebbe perduta. Quando la locomotiva rientra nel deposito, convien pulirla completamente, toglierle tutta la polvere e la fuliggine che si è internata nei singoli organi nel corso del viaggio, soltanto dopo si può esaminarla utilmente; e per riconoscere quali riparazioni sieno immediatamente necessarie. Tutte le piccole riparazioni giornaliere che non richiedono il passaggio della locomotiva nelle officine, sono affidate a noi macchinisti. Ad ogni viaggio dobbiamo ispezionare i cilindri, gli stantuffi, le bielle, gli eccentrici, le guarniture di canape, e l'untura delle scatole stoppate; dobbiam visitarle, pulirle, ripararle, mantenerle in ottimo stato di servizio. Ci va del nostro interesse non meno che di quello delle Compagnie e del pubblico.

« Se sapeste, caro signore, qual differenza ridondi su tutto il servizio, quanto influisca sull'economia del combustibile il mantenere la locomotiva con ogni cura od il tenerla negletta! Per me, anche astraendo dal mio interesse personalmente, lo confesso, provo un vero piacere, un piacere da artista, nel rimirare la mia locomotiva lucente, pulita, netta dentro e fuori; mi sento ad essa affezionato come un cavaliero al suo cavallo.

« Lo credo bene, e ciò prova appunto che siete un bravo operaio. Ma, di grazia, vorreste dirmi due parole anco intorno al carro di scorta?

« Ben volontieri: anche il carro di scorta vuol essere frequentemente visitato e costantemente mantenuto in ottimo arnese; la bisogna procede però ben più spedita. La verifica si limita allo stato del freno, delle boccole da grasso, agli assi delle ruote, alle valvole ed al tubo d'alimentazione. Per ultimo dobbiam badare che i nostri attrezzi sieno sempre in ottimo stato; qui abbiamo la pala da carbone, poi un uncino di ferro per avvivare il fuoco nel fornello, una lunga verga, pure di ferro, per pulire internamente tutti i tubi che attraversano la caldaia. Abbiamo inoltre a nostra disposizione, in queste due casse che rimangono sempre sul carro di scorta, tutti gli utensili necessari a riparare i piccoli guasti ed a mantener quindi la locomotiva in ottimo stato, ed infine molti altri arnesi che possono abbisognare, se per mala sorte ci sopraggiunge in viaggio qualche guaio.

« Quali guai possono sopraggiungervi?

« I guasti che possono manifestarsi durante il viaggio, in una buona locomotiva ben mantenuta e ben condotta, sono per buona sorte poco frequenti e ben pochi possono dirsi realmente pericolosi; ed anche in tal caso si può, con un po' abilità, evitare sinistre conseguenze.

« I più frequenti e nel tempo stesso meno importanti sono le fughe di vapore, qualche screpolatura o rottura d'un tubo bollitore che si squarcia sotto la pressione del vapore, una griglia del fornello che cada a terra, fughe d'acqua dai tubi di distribuzione, rotture nel fumainolo e simili. A tutti questi piccoli accidenti si può rimediare senza andar incontro ad alcun pericolo realmente grave; alla peggio si estingue il fuoco nel fornello e tutto il convoglio rimane immobile fino a che arriva la *locomotiva di soccorso* della quale parleremo in appresso. Altrettanto si può dire dei piccoli guasti che possono verificarsi negli organi del meccanismo, ad uno stantuffo, ad uno dei due cilindri; allora si porta il *cassetto* nella posizione corrispondente al punto morto, e si può proseguire con un solo cilindro, avendo però la cura di smontare previamente o la biella motrice o l'asta del cassetto corrispondente al cilindro offeso.

« E non dite nulla delle esplosioni?

« Le vere esplosioni d'una locomotiva sono rarissime, in generale quando per una circostanza fortuita, la pressione del vapore supera il limite normale ed il vapore non possa fuggirsene dalle valvole, ovvero se i tubi sono corrosi dalla fiamma, il vapore si apre un varco attraverso le sottili pareti di quei tubi ed estingue il fuoco nel fornello senza recare alcuna funesta conseguenza. Un caso ben più grave sarebbe la rottura d'uno degli assi della locomotiva: questa rottura potrebbe produrre uno sviamento funestissimo; ma appunto per ciò tutti gli assi delle nostre locomotive sono attualmente fabbricati con la massima cura e gli accidenti di questo genere sono rarissimi. Sarebbe difficile il dire quale misura convenga prendere in tal caso: allora il sangue freddo e la presenza di spirito possono mancare, ma sono indispensabili per evitare gravi sciagure, e ad onor del vero, tutti i miei colleghi si mostrarono sempre all'altezza della loro missione. »

XXVI.

Differenze fra i veicoli ferroviarii e quelli che corrono sopra strade ordinarie. Analogia nei treni e diversità nelle casse dei veicoli ferroviarii. — Struttura di un treno: gli assi; le boccole da grasso; molle di sospensione e molle di trazione; i ripulsori. — Le ruote ed i cerchioni; ruote in ferro, in ghisa, in acciaio fuso. — Vetture-passaggeri e carri da merci. — Sistema inglese, sistema americano. Vetture a due piani.

Discorrendo del tracciamento (pag. 256) abbiam già fatto avvertire una notevole differenza che corre fra le vetture ordinarie e quelle che viaggiano sulle ferrovie: mentre nelle prime tutte le ruote sono fra loro indipendenti, nelle vetture e nei carri ferroviari, le ruote gemelle, ossia quelle che sostengono uno stesso asse, non sono indipendenti l'una dall'altra, ma sono fissate invariabilmente sull'asse stesso per modo che l'una non può muoversi senza indurre in movimento anche l'altra, sono fra loro solidali; aggiungi poi che gli assi d'uno stesso veicolo rimangono sempre paralleli, mentre quelli che sostengono le vetture ordinarie possono assumere posizioni relative ben diverse.

Ora dobbiamo esporvi il perchè di quest'importante differenza. Supponiamo per un momento che le due ruote siano indipendenti e che mentre il veicolo scorre rapidamente sulla ferrovia, una delle due ruote incontri un ostacolo qualsiasi; una pietra, un grosso pezzo di legno che valga ad arrestarne il movimento, l'altra ruota essendo mobile ed indipendente, continuerà a girare. È chiaro che se l'una continua a muoversi mentre l'altra non può proseguire, uno sviamento sarà inevitabile. L'egual cosa succederebbe rispetto a due assi quando non fossero costantemente paralleli: muovendosi in curva, uno dei due assi assumerebbe direzione diversa dall'altro, e quindi una ruota prima, e subito dopo tutte le altre, uscirebbero dalla rotaia; e avverrebbe uno sviamento, il che, come tutti sanno, è uno dei più terribili accidenti che possono verificarsi nell'esercizio d'una ferrovia.

I veicoli impiegati nella massima parte delle grandi linee di strade ferrate presentano grandissima varietà di forme, tutte appropriate ai molteplici usi cui sono destinati; ma tutti quei veicoli hanno una parte, il *treno*, che è quasi identica, è questa la parte che è meno in evidenza; perciò appunto crediamo conveniente descriverla; esamineremo poscia la seconda parte, la cassa, che è diversa nelle varie specie di vetture.

Esaminiamo, ad esempio, il treno d'una vettura per passeggieri di seconda classe, rappresentato in prospetto longitudinale dalla fig. 244 ed in pianta dalla figura 245.

La parte superiore del treno si compone di un telaio o quadro rettangolare consolidato internamente con due pezzi diagonali a croce di sant'Andrea e con parecchi pezzi traversali che congiungono e mantengono equidistanti i due lati maggiori del telaio. Tutto il telaio è sostenuto da sei molle (tre di queste son visibili nel nostro prospetto longitudinale, ciascuna in corrispondenza ad una delle ruote) congiunte alle *boccole da grasso* fissate sugli assi. Esamineremo fra non molto l'interno d'una di queste boccole; frattanto vi basti sapere che esse son mantenute immobili fra le *piastre di guardia*, che son fogli di robusta lamiera di ferro, ritagliati in forma trapezia e solidamente fissati sul telaio.

Oltre alle *molle di sospensione* testè accennate, ogni treno di vettura contiene due *molle di trazione* collocate orizzontalmente, destinate ad ammorzare gli urti che inevitabilmente succedono all'atto della partenza e dell'arrivo, ed in generale ogni qualvolta due vetture giungono a contatto l'una dell'altra. Gettate un'occhiata sulla fig. 245 che rappresenta la pianta del nostro treno e vedrete qual sia la disposizione di queste due molle, congiunte ai *ripulsori* che sporgono dai lati minori del telaio. I ripulsori servono a spegnere la veemenza degli urti, grazie alla presenza di dischi di gomma elastica vulcanizzata ovvero di molle spirali d'acciaio, collocate nel loro interno.

Passiamo ora ad esaminare rapidamente le ruote e gli assi.

Le ruote sono generalmente di ferro battuto; il *cerchione* che forma il contorno della rota, [illegible] il mozzo ossia la parte centrale, ed i raggi, [illegible] è di ferro; i cerchioni costituenti il [illegible] nella [illegible] ruote non sono cilindrici come [illegible] i forma [illegible] vetture ordinarie, sono invece [illegible]

(1) Se il cerchione delle ruote fo[illegible] se la superficie con la quale esso [illegible] rotaie, non fosse inclinata all'orizzo[illegible] due gravi inconvenienti: nei tratti r[illegible] si logorerebbe in modo assai inegu[illegible] villnei le ruote che percorrono la ru[illegible]

e tale è pure la forma dei cerchioni di tutte le ruote dei veicoli impiegati nelle ferrovie.

In Germania, in Isvizzera ed agli Stati Uniti d'America si impiegano, specialmente pei carri distinati al trasporto delle merci, ruote piene in ghisa; la loro durata è superiore a quella delle ruote in ferro, ma sono anche più costose di queste. — In questi ultimi anni si incominciò a far uso, su alcune ferrovie, di ruote piene in acciaio fuso, la durata delle quali sarebbe di gran lunga superiore a quella delle ruote in ferro; tuttavia è necessaria una lunga esperienza per stabilire se l'alto prezzo di queste ruote di acciaio sia realmente compensato dalla maggior durata.

Nell'asse d'ogni ruota convien distinguere tre parti principali: l'una, che costituisce le due estremità o *fusi* sui quali riposano le boccole del grasso, è cilindrica, levigatissima e tornita colla massima esattezza; la seconda comprende quei due tratti, contigui ai precedenti, nei quali vengono introdotti i mozzi delle ruote; la terza è la parte intermedia.

Come si è già detto, è di somma importanza per la sicurezza dei convogli che la fabbricazione degli assi sia quanto più perfetta è possibile: i difetti originali peggiorano rapidamente sotto l'azione continua delle vibrazioni, degli urti, delle scosse, delle repentine variazioni di temperatura e delle inflessioni prodotte dal carico. L'asse si spezza, e sebbene, — grazie al sistema d'attacco dei singoli veicoli, — la rottura d'un asse d'un veicolo abbia conseguenze molto meno funeste di quelle derivanti dalla rottura d'un asse di locomotiva; tuttavia bisogna renderle quanto meno frequenti è possibile.

Vediamo ora in qual modo i fusi dell'asse sostengono le boccole da grasso e quindi tutto il telaio. La figura 240 ci rappresenta l'interno di una di queste boccole sezionata nella direzione dell'asse e ci indica in qual modo si effettui l'untura, argomento di capitale importanza per la buona conservazione del materiale.

Il fuso dell'asse rimane compreso fra due capacità: l'una, superiore, contiene il grasso che viene introdotto sollevando il coperchio inclinato che si scorge alla destra della figura; l'altra, inferiore, riceve l'olio da una piccola apertura, chiusa analogamente; dei filacci, imbevuti per capillarità, alimentano d'olio il cuscinetto su cui riposa l'asse.

Il continuo e rapidissimo movimento dell'asse sul suo cuscinetto riscalda entrambi e quindi anche l'olio che li investe: ora l'olio fortemente riscaldato divien molto fluido e scorrevolissimo, e perciò non rimane più interposto fra le superficie del cuscinetto e del fuso sovrastante; in tal caso la temperatura di queste due superficie metalliche salirebbe in breve ad altissimo grado, si corroderebbero reciprocamente, e siccome ciò potrebbe verificarsi all'insaputa di tutti, nell'intervallo del viaggio fra due stazioni, così il fuso potrebbe tagliarsi nel corso viaggio, l'asse sarebbe rotto ed il veicolo correrebbe grave pericolo. È appunto per evitarlo che la capacità superiore della boccola è riempiuta di grasso: quando il fuso dell'asse acquista una temperatura che potrebbe riescire pericolosa, il grasso si fonde, ricopre d'unto la superficie del fuso e lo riconduce alla temperatura normale.

A che per l'untura delle ruote dei veicoli ferroviarii tante complicazioni e tante cure che pei veicoli ordinarii non occorrono? pel rapidissimo moto, pel considerevole peso e pel grave carico che devono sopportare.

Le boccole da grasso sono ordinariamente di ferro fuso, il solo cuscinetto è di bronzo; esse possono ricevere forme svariate, il loro prezzo varia dalle 20 alle 27 lire e quindi la spesa delle boccole per una vettura a sei ruote può variare dalle 120 alle 162 lire; questa spesa di primo impianto che è più ragguardevole, è ben poca cosa rispetto a quella richiesta dalla manutenzione giornaliera per tutta la durata del servizio.

Quanto abbiam detto fino ad ora intorno ai treni, o parte inferiore dei veicoli ferroviarii, si riferisce indistintamente tanto ai carri da merci quanto alle vetture pei passeggeri; si queste come quelli ammettendo parecchie varietà nella parte superiore o cassa, il descriverle tutte ci farebbe deviar troppo dal nostro programma. Ci limiteremo quindi ad esporvi a titolo di curiosità statistica la nomenclatura ed il numero dei varii veicoli che al 31 dicembre 1867 trovavansi in servizio della Società ferroviaria dell'Alta Italia:

Carrozze reali	N.°	13
» saloni a carrozze di 1.ª classe	»	154
» miste di 1.ª a 2.ª classe	»	140
» di 2.ª classe	»	371
» di 3.ª classe	»	934
Carri da bagagli	»	248
» » posta	»	11
» » conduttori	»	21
» » sterramento	»	418

bero costrette a scivolare, e sì nell'un caso come nell'altro il consumo dei cerchioni sarebbe rapidissimo. La forma conica rimedia a questi inconvenienti: essa però — convien pur riconoscerlo — è la causa di quel movimento d'oscillazione, nel senso travarsale, che riesce tanto incomodo ai viaggiatori.

Carri da legnami	130
» » pietre	25
» coperti per merci	4197
» piatti »	3105
» scuderie	84
» spazzaneve	33
» diversi	121

Nelle carrozze reali ed in quelle dette a *salone* il fortunato viaggiatore che può frequentarle trova riunite, nello spazio molto ristretto di cui si può disporre, tutte le comodità che possono rendere meno faticosi i lunghi viaggi; soffici seggioloni, tavoli, sofà facilmente trasformabili in letti, gabinetti da toletta, ripostigli per viveri e per rinfreschi e.... altre cose ancora che possono essere più facilmente immaginate che descritte.

Le vetture di 1.ª, 2.ª, e 3.ª, classe sono troppo comuni per meritare neppure un cenno particolare; l'ufficio delle carrozze da bagagli è chiaramente indicato dal loro nome. Più interessanti potranno riescirvi le vetture da posta; l'interno d'una di esse è rappresentato nella figura 247. Queste vetture son disposte in modo di servire d'ufficio postale ambulante; due o più impiegati rimangono in esso durante tutto il viaggio costantemente occupati nelle manipolazioni postali, poichè ad ogni stazione ricevono e consegnano pieghi. I carri da conduttori (detti anche *Brakes*) servono di ricovero durante il viaggio al *personale viaggiante*, ossia agli impiegati, dell'amministrazione ferroviaria, che accompagnano convogli. I carri da sterramento servono al trasporto di terra, ghiaia o sabbia; quelli da legname e da pietre son disposti in modo da agevolare le operazioni di carico e scarico di grandi travi, di voluminosi macigni; i carri coperti da merci son destinati alle merci soggette a guastarsi al sole od alla pioggia; mentre i carri piatti son riservati a quelle merci che nulla hanno a temere dagli insulti atmosferici o che possono esserne facilmente riparati mercè *copertoni incatramati*. I carri scuderia servono ai trasporti di animali e particolarmente di cavalli. La figura 248 rappresenta l'interno d'uno di questi carri, in esso trovano posto tre cavalli ed un palafreniere per invigilarli; tanto le pareti del carro quanto gli assiti che separano l'un cavallo dall'altro sono imbottiti fino ad una certa altezza per attenuare le scosse e gli urti cui possono trovarsi esposti questi animali durante il viaggio. I carri spazzaneve non servono ad alcun trasporto; ma ciò non pertanto riescono indispensabili specialmente sulle ferrovie di montagna, per aprire rapidamente un varco alla locomotiva e permettere quindi il transito dei convogli anche quando la neve forma un alto strato sui terreni circostanti; si raggiunge lo scopo disponendo la parte anteriore di questi carri in modo analogo al vomere d'un aratro d'enormi proporzioni; il carro spazzaneve, quando è in attività, non è rimorchiato; ma è spinto innanzi dalla locomotiva, il robusto vomere solleva la neve e la lascia cadere ai due lati della ferrovia.

Tutte le vetture ferroviarie (1) destinate al trasporto dei viaggiatori possono essere ripartite in due categorie ben distinte, possono cioè essere costrutte col *sistema inglese* generalmente adottato in Inghilterra, in Francia, in Belgio, in Italia, ovvero col *sistema americano* che si incontra sulle ferrovie degli Stati Uniti d'America e, sul nostro continente, in alcune parti della Germania ed in Isvizzera; entrambi i sistemi presentano particolari pregi e particolari difetti.

Le vetture del sistema inglese sono generalmente sostenute da quattro ruote, l'interno della cassa è diviso da pareti traversali in tre o quattro compartimenti indipendenti l'uno dall'altro, ciascuno dei quali presenta quattro, sei, otto, o dieci posti. Ciascun compartimento è provveduto lateralmente di due porte, l'una a destra l'altra a sinistra; queste stabiliscono la comunicazione con l'esterno.

Le vetture del sistema americano sono molto più grandi delle precedenti, riposano sopra otto ruote riunite a quattro a quattro in due treni articolati per agevolare il passaggio sulle curve. I viaggiatori entrano ed escono dalle due estremità del veicolo (fig. 249), il quale è attraversato da un capo all'altro da un corridoio longitudinale che permette la libera circolazione sì del personale viaggiante come dei viaggiatori.

Nelle prime il viaggiatore quando ha preso posto può terminare tranquillamente il suo viaggio senza essere incomodato da un va e vieni continuo, condizione di somma importanza particolarmente nei lunghi viaggi durante i quali si è costretti a passar la notte in vettura. Ma d'altra parte la difficoltà di entrare o d'uscire rapidamente nelle stazioni intermedie, l'impossibilità, durante tutto il viaggio, di fare un po' di moto, di passare da un compartimento all'altro, di poter all'occorrenza comunicare col personale viaggiante, sono altrettanti inconvenienti che militano contro il sistema dei compartimenti indipendenti, al quale si potrebbe anche rimproverare la difficoltà di stabilire un facile mezzo di riscaldamento durante l'inverno e di ventilazione durante l'estate, la viziosa disposizione delle predelle che rende difficile l'accesso

(1) Goschler, *Op. cit.* Tomo III, pag. 285.

alle signore, ai vecchi ed ai bambini, e per ultimo l'inconveniente delle porte laterali che può facilmente causare qualche funesto accidente, se per negligenza degli impiegati la porta si apre durante il viaggio.

Militano però a favore delle vetture inglesi le loro dimensioni ed il loro peso molto minore delle altre, il che permette di comporre e scomporre i convogli molto più facilmente, con notevole risparmio di tempo e di spesa; risparmio di tempo che è specialmente apprezzato dal viaggiatore quando, durante le brevi fermate nelle stazioni intermedie, è necessario togliere od aggiungere al convoglio una o più vetture.

Nelle vetture costrutte secondo il sistema americano si può salire e scendere con tutta comodità, tutti i viaggiatori possono comunicare fra loro e col personale viaggiante; quest'ultimo può comodamente esercitare la più scrupolosa controlleria anche durante il viaggio; i furti e gli

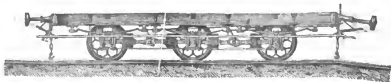



Fig. 244. Prospetto d'un treno di vettura di 2.ª classe.

assassinii divengono quasi impossibili; si può, in ogni convoglio, destinare un piccolo gabinetto, facilmente accessibile ai viaggiatori, anche durante il viaggio, per la soddisfazione di certe esigenze della umana natura.....; ogni vettura può essere facilmente riscaldata con una stufa simile a quelle in uso negli appartamenti; il corridoio longitudinale e le porte collocate alle sue estre-

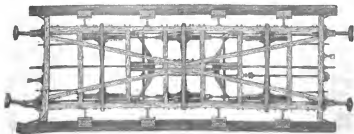



Fig. 245. Pianta d'un treno di vettura di 2.ª classe.

mità permettono una continua ventilazione durante l'estate.

Oltre a questi varii vantaggi e svantaggi che possono essere facilmente valutati anche dal pubblico, sonvi altre considerazioni d'ordine economico, che possono far cadere la scelta delle Compagnie sull'uno piuttosto che sull'altro dei due sistemi di vetture: il peso e la capacità di ciascuna di esse; il probabile rapporto che potrà correre fra il numero di posti disponibili nel convoglio ed il numero di posti effettivamente occupati dai viaggiatori. Alcuni di questi elementi dipendono da circostanze locali, altri dalla struttura delle vetture, la quale può variare, anche in uno stesso sistema, a seconda della speciale conformazione adottata dal costruttore. Così, ad esempio, sulle ferrovie francesi dell'Est le vetture (sistema inglese) di 1.ª classe, capaci di 19 viaggiatori, pesano, vuote, chilogr. 7520, quelle di 2.ª classe, capaci di 40 viaggiatori, pesano 5700 chilogr. e quelle di 3.ª, capaci di 50 viaggiatori, ne pesano 5100; sulle ferrovie dell'Alta Italia, le vetture di 1.ª classe, capaci di 24 viaggiatori, costrutte come le precedenti, col sistema inglese, pesano 5800 chilogr.; quelle di 2.ª classe, capaci di 30 viaggiatori, pesano 5500 chilogr. e quelle di 3.ª classe, capaci di 40 viaggiatori, pesano 5100 chilogr.

Perciò ammettendo anche che tutti i posti dis-

ponibili nelle singole vetture fossero realmente occupati da viaggiatori, ogni passaggero richiederebbe per proprio conto il trasporto di un *peso morto* di 306, 142 o 102 chilogr., secondo che viaggia in 1.ª, 2.ª o 3.ª classe sulle ferrovie francesi

Fig. 246. Boccola da grasso.

dell' Est, mentre invece richiederebbe il trasporto del peso morto di 242, 183, o 127 chilogr. — secondo che viaggia in 1.ª, 2.ª o 3.ª classe (1) — sulle ferrovie dell' Alta Italia. Ma siccome è ben raro il caso che le vetture di 1.ª classe sieno com-

Fig. 247 Ufficio postale *ambulante* sulle ferrovie.

pletamente occupate, così il peso morto che convien trasportare per ogni viaggiatore di 1ª classe, risulta molto maggiore del suaccennato; per tal motivo sulle linee mediocremente frequentate riescirebbe troppo dispendioso dedicare un' intiera

Fig. 248. Carro-scuderia per tre cavalli.

vettura ai passaggeri di 1.ª classe e perciò appunto si impiegano vetture *miste*, nelle quali

Fig. 249. Vettura da passaggeri (sistema americano).

c'è un compartimento di 1.ª classe, e gli altri sono di 2.ª

(1) Il prezzo di costo delle vetture di 1.ª classe impiegate sulle ferrovie dell' Alta Italia è di L. 12,000; il prezzo di quelle di 2.ª classe è di L. 8500 ed il prezzo di quelle di 3.ª classe è di 4500; quindi il prezzo d'un posto delle varie classi risulta rispettivamente di L. 500,10; L. 282,33; L. 112,50.

Per diminuire quanto più è possibile il peso morto che convien trasportare, si costrussero recentemente vetture a due piani; l'inferiore è disposto secondo il sistema inglese, il superiore presenta un corridoio longitudinale come nelle vetture americane. Per ottenere l'intento senza tuttavia assegnare alla vettura una altezza eccedente il limite imposto dalle dimensioni dei sotterranei e dei manufatti, si dovette abbassare il pavimento del piano inferiore, il che permise di sopprimere le incomode predelle laterali delle vetture inglesi; una scala in ferro, collocata a ciascuno dei due estremi della vettura, stabilisce un facile accesso al piano superiore. Una vettura di questa specie che figurava all' Esposizione universale del 1867, capace di 8 passaggeri di 1.ª classe, di 20 di 2.ª e di 50 di 3.ª (di cui 10 al piano inferiore e tutti gli altri al piano superiore) pesa vuota 7600 chilogrammi; perciò il rapporto fra il peso della vettura ed il numero dei viaggiatori di cui essa è capace, trovasi ridotto a soli 97 chilogrammi e quindi risulta manifesto che la spesa di trazione richiesta pel trasporto di ciascun viaggiatore è conseguentemente minore di quella richiesta dalle vetture adoperata fino ad ora. Sulle ferrovie dell'Alta Italia si sperimentano attualmente le vetture a due piani pei servizi delle piccole linee di diramazioni.

XXVII.

I FRENI.

Incontentabilità umana. — Rose e spine. — Necessità dei freni. — Le *scarpe* delle vetture ordinarie. — Inevitabile lentezza nella manovra dei freni e funeste conseguenze che possono derivarne. — Pregi e difetti dei freni automotori.

Viaggiare rapidamente (1) percorrendo 40, 60, e persin 100 chilometri all'ora, è già una bella cosa, ed i viaggiatori non si lagnano certo di questa superiorità delle ferrovie e della locomotiva sugli antichi mezzi di trasporto coi quali si impiggava mezza giornata ed anche più per compiere un viaggio che ora si effettua comodamente in un'ora, tuttavia non pochi si lagnano della lentezza delle ferrovie! Il mondo è così fatto, non si è mai contenti. Quest'insaziabilità potrà essere biasimata, ma in fin dei conti essa giova al progresso.

Tuttavia non vi son rose senza spine e le spine non mancano neppure nel caso nostro; un convoglio in movimento non deve viaggiare continuamente, convien anzitutto fermarlo regolarmente nelle singole stazioni nelle quali è prestabilita una sosta; ei deve obbedire scrupolosamente ai segnali che gli prescrivono ora di rallentare la sua corsa, ora di fermarsi senz'altro. Accade talvolta, — per buona sorte assai di rado, — che un ostacolo imprevisto ingombri la via, che un altro convoglio sia immobile sulla strada o, peggio ancora, si muova in direzione opposta a quella del primo. In tutti questi casi non c'è tempo da perdere, bisogna arrestare il convoglio senza indugio, al più presto possibile.

(1) Vedi GUILLEMIN, *Op. cit.* pag. 318.

Ora, arrestare l'enorme massa d'un convoglio, è cosa tanto più difficile, tanto più pericolosa, quanto maggiore è la sua velocità. Non basterebbe sopprimere istantaneamente l'azione del motore; un convoglio che viaggiasse sopra ferrovia orizzontale, continuerebbe tuttavia a muoversi, per legge d'inerzia, in virtù della velocità già acquistata, fino a che gli attriti degli assi delle ruote coi cuscinetti, del contorno delle ruote colle sottostanti rotaie e dell'aria che convien pur eacciare avessero spenta gradatamente la velocità da cui trovavasi animato il convoglio nell'istante in cui fu soppressa l'azione del motore; il convoglio s'arresterebbe sì, ma a considerevole distanza dal punto in cui la forza motrice cessò d'agire.

Quand'anche fosse possibile prevedere esattamente a quanta distanza si fermerebbe un convoglio chiudendo, in un dato istante, il regolatore della locomotiva, tuttavia questo mezzo sarebbe troppo insufficiente ad ottenere le necessarie fermate del convoglio nelle singole stazioni intermedie; la velocità media dei convogli risulterebbe di molto diminuita e si sciuperebbe enorme quantità di tempo; altrettanto dicasi pei movimenti di convogli che hanno luogo nell'interno delle stazioni: ancor peggiore sarebbe il caso in presenza d'un ostacolo che ingombrasse la via.

Convenne quindi trovar modo di affrettare e

rendere assai più pronta la fermata dei convogli; si raggiunse l'intento con l'invenzione dei *freni*.

Anche le vetture ordinarie, anche i carri che circolano sulle strade comuni son provveduti di apparecchi noti col nome di *scarpe*, che possono assumere forme ben diverse, aventi tutti per iscopo di moderare, nelle rapide discese, la velocità troppo forte che la gravità imprimerebbe al veicolo. Son pezzi di legno o di ferro che nello istante opportuno vengon portati e mantenuti a contatto del contorno della ruota e le impediscono di girare. Allora la ruota scivola sul terreno; l'attrito fra il contorno della ruota ed il terreno, che fino allora era piccolissimo, diviene molto maggiore, e la velocità del veicolo risulta moderata.

Ecco una teoria semplicissima la cui applicazione alle vetture ferroviarie sembra assai facile; tuttavia questo è un arduo problema che fece sorgere migliaia di inventori, alcuni dei quali, sebbene animati dalle migliori intenzioni, proposero tuttavia rimedii peggiori del male (1).

Fra i moltissimi sistemi proposti, due o tre meritano la preferenza: non li descriveremo partitamente, ci limiteremo ad esaminarne uno fra quelli più generalmente applicati al *tender* ed alle vetture.

Non tutte le vetture sono munite di freno; nei convogli che percorrono linee di pianura o sulle quali non si incontrano pendenze superiori al 5 per mille, sopra sette vetture dev'esservene almeno una provveduta di freno, al crescere della pendenza deve anche aumentare, per ogni convoglio, il numero di vetture munite di quest'importante apparecchio.

Nel treno della vettura di 2.ª classe rappresentato in pianta ed in prospetto nelle figure 244 e 245, è pure indicato il freno che consiste in mascelle di legno che vanno a premere il contorno delle ruote non appena un apposito incaricato, detto *guarda-freno* o *frenatore*, fa agire apposita leva che trasmette il suo movimento mercè una serie di verghe e di bracci di leva; un freno consimile è applicato al carro di scorta (*tender*) rappresentato dalla fig. 239.

(1) Quand'anche si riescisse ad arrestare di botto un convoglio viaggiante a grande velocità, ne risulterebbe un formidabile urto che schiaccerebbe la locomotiva, il carro di scorta e tutte le vetture, e in luogo di evitare un pericolo probabile si andrebbe incontro ad un pericolo certo; non un viaggiatore rimarrebbe in vita. L'urto prodotto dal repentino arrestarsi d'un convoglio, animato dalla velocità di 60 chilometri all'ora, produrrebbe sui viaggiatori un effetto paragonabile alla caduta dal quarto piano d'una casa.

Lo stesso freno è disegnato in più grandi proporzioni nella fig. 250.

Sull'alto delle vetture provvedute di freno è collocata una piccola garetta alla quale il frenatore può accedere mercè alcuni gradini che si staccano dalla parete esterna della vettura, l'impugnatura della manovella che regola il movimento del freno termina a metà altezza della garetta. Durante il viaggio, il frenatore rimane costantemente in sentinella in quella garetta; a seconda del segnale che gli è dato dal fischio della locomotiva egli apre o chiude il freno, girando la manovella in un senso o nell'altro; per tal modo l'asta, che si scorge all'estremità destra della figura, e quindi anche la ruota conica orizzontale applicata inferiormente a quell'asta, acquistano un movimento di rotazione che, mercè i denti,

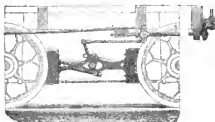



Fig. 250. Meccanismo d'un freno.

si trasmette alla seconda ruota dentata che è fissata sull'estremità destra d'una verga orizzontale, parzialmente conformata a vite: il movimento di questa verga si trasmette mediante articolazioni fino alle due mascelle di legno e le allontana o le avvicina al contorno delle ruote.

Questi freni prestano ottimi servigi nei casi ordinarii, quando cioè si tratta di fermate o rallentamenti che si possono prevedere nell'avvicinarsi alle stazioni o nelle discese; fatalmente però non sono sufficienti a prevenire un funesto accidente quando si tratta d'evitare un ostacolo che sia scorto solo a poca distanza, poichè l'azione dei freni non è tanto pronta quanto sarebbe pur necessario. Primo ad accorgersi del pericolo è il macchinista, questi *chiama i freni* (con tre fischi brevi e staccati ottenuti mercè il fischietto rappresentato dalla figura 238), operazione che per quanto sia rapidamente eseguita, richiede tuttavia parecchi secondi; alcuni secondi sono poi necessarii per l'esecuzione di quest'ordine. Pochi secondi sono ben poca cosa nelle circostanze ordinarie, ma quando un convoglio ferroviario corre con la velocità di 60 chilometri all'ora, in soli 6 secondi

esso percorre 100 metri: non stupirete quindi udendo che dall'istante in cui il macchinista ha veduto il pericolo all'istante in cui il convoglio si ferma possono trascorrere tanti secondi quanti bastano a fargli varcare mezzo chilometro ed anche più.... se l'ostacolo è a distanza minore la catastrofe diviene inevitabile.

Come scongiurare sì grave sventura? Si raggiunge in gran parte lo scopo, facendo uso di freni che agiscono sotto l'azione diretta del freno del *tender* il quale è manovrato dal macchinista o dal fuochista. Un apparecchio di questo genere vale ad arrestare, a distanza inferiore ai 200 metri, un convoglio di otto vetture animate da media velocità (1). Ancor più pronto è il freno elettrico inventato dal signor Achard, mercè il quale un solo incaricato può manovrare, stando sulla locomotiva od in qualunque vettura, tutti i freni del convoglio; inoltre le cose son disposte in guisa, che la rottura d'un attacco fra due vetture successive o soltanto d'uno dei conduttori elettrici che servono alla manovra, fa agire i freni automaticamente. — Ad onta di questi pregi, il freno elettrico del signor Achard gode poco favore: questo ed altri sistemi consimili di freni automotori (osserva il Goschler) sono basati sopra applicazioni perfettamente razionali della meccanica, ma tuttavia non risolvono completamente l'arduo problema; essi dipendono unicamente dall'azione perfettamente regolare, ma automatica dei singoli organi. Quando per una circostanza qualsiasi uno degli organi essenziali del freno modifica il suo modo d'agire, la manovra di tutto il freno trovasi contrariata, la sua azione risulta annullata o esagerata. L'esercizio d'una ferrovia non può assoggettarsi a queste eventualità; esso richiede apparecchi semplici ed ognora efficaci, somma vigilanza da parte degli incaricati e l'intelligente impiego per parte dei medesimi, degli apparecchi affidati alle loro cure.

(1) Tale è il freno *Guérin* descritto dal PERDONNET, *Traité élémentaire*, Chap. X.

XXVIII.

Varie classi di stazioni ferroviarie. — Locali componenti una stazione-passeggeri. — La stazione merci e le officine. — Rimesse per locomotive. — Rifornitori o serbatoi d'acqua. — Grue idrauliche. — Descrizione d'una grande stazione ferroviaria.

A seconda del vario grado d'importanza, le stazioni ferroviarie son dette: *fuori classe*, ovvero di 1.ª, 2.ª, 3.ª, 4.ª o 5.ª classe. Sono stazioni fuori classe quelle delle grandi città come ad esempio Torino, Milano, Firenze, Roma, Napoli, nelle quali l'affluenza dei viaggiatori e delle merci è grandissima; le stazioni delle altre classi hanno importanza gradatamente decrescente. Quelle delle infime classi si compongono d'un modesto fabbricato: nei locali terreni c'è l'ufficio per la vendita dei biglietti e la registrazione dei bagagli, una o tutt'al più due *sale d'aspetto*, l'una pei passaggeri di 1.ª e 2.ª classe, l'altra per quelli di terza, i locali superiori sono abitati dal Capo-Stazione. Nelle stazioni delle classi superiori, oltre ad un fabbricato esclusivamente destinato al servizio dei passaggeri, ve ne sono altri destinati al servizio delle merci, a rimesse per vetture e per locomotive, a serbatoi d'acqua e magazzini di combustibile per rifornire le locomotive di questi due alimenti ad esse indispensabili; finalmente, nelle stazioni fuori classe, veggonsi, — oltre a tutti gli edifici testè menzionati, — officine per riparazione e costruzione di carri, vetture e locomotive, magazzini per deposito di oggetti di consumo e d'attrezzi di ogni genere.

L'edificio destinato al servizio dei passaggeri, nelle stazioni delle classi superiori, deve contenere (1):

— Un vestibolo;

— Uno o più locali per la vendita dei biglietti, il deposito dei bagagli e delle *merci celeri* (ossia delle merci che devono viaggiare a grande velocità);

— Una o più sale d'aspetto;

— Uscite distinte pei viaggiatori senza bagagli voluminosi e per quelli che devono ritirarne;

— Un appartamento pel capo-stazione;

— Certi gabinetti che con voce straniera son detti *water-closets*;

— Un ufficio pel capo-stazione ed uno pel servizio telegrafico;

(1) GOSCHLER, *Op. cit*, Tomo II, pag. 331.

— Un' ampia sale per la distribuzione dei bagagli in arrivo;

— Uno o più locali per ripostiglio di lampade, caldanini, utensili, letti volanti, ecc.

Nelle stazioni di maggior importanza devono esservi inoltre:

— Appositi uffici per alcuni impiegati, come:

Fig. 251. Rimessa semicircolare per sedici locomotive.

sotto-capi-stazione, ingegneri della trazione e della manutenzione, e pel commissario governativo;

— Uno o più locali per ufficio postale;

Fig. 252. Serbatoio d'acqua o rifornitore.

— Un locale per servizio di caffè e trattoria;

— Un locale per servizio della dogana.

Nella stazione più importante d'un'intiera rete trovansi inoltre: gli uffici dell'amministrazione, l'abitazione del direttore dell'esercizio e di alcuni impiegati superiori.

Ci basti l'aver accennato sommariamente di quali locali devesi comporre l'edificio principale destinato al servizio dei viaggiatori; l'internarci in minuti particolari intorno alle speciali condizioni cui devono soddisfare tanto questi singoli locali, quanto quelli destinati al servizio delle merci ed alle officine, ci farebbe troppo deviare dal nostro programma e riescirebbe di scarso interesse per la maggioranza dei lettori: quanti amassero raccogliere particolareggiate notizie intorno a quest'argomento potranno attingerle nella pregiata opera del signor Goschler da noi più volte menzionata.

Di maggior interesse potranno forse riescire

Fig 253. Grue idraulica per rifornir d'acqua le locomotive.

alcuni cenni intorno a due fabbricati che presentano un carattere del tutto speciale alle ferrovie: le rimesse per locomotive ed i serbatoi d'acqua per servizio delle stesse.

Una rimessa-locomotive ben costrutta deve soddisfare a parecchie condizioni: lo spazio da essa occupato dev'essere utilizzato nel modo più conveniente, o, in altri termini, la rimessa deve ricoverare un dato numero di locomotive in uno spazio relativamente minimo, affinchè il valore della parte d'edificio richiesta per ogni singola locomotiva risulti minimo; occorre inoltre che la disposizione interna dell'edificio permetta di farvi entrare od uscire una qualunque delle locomotive senza esser costretti a muovere le al-

tre, giacchè la manovra d'una locomotiva spenta richiede molto tempo e molta spesa; — devono esservi ampii sfiatatoi, opportunamente disposti, per favorire l'uscita del fumo e del vapore che si svolge ogni qualvolta si accende il fuoco nel fornello d'una locomotiva; — deve esservi abbondante luce in tutte le direzioni per facilitare la pulitura e le piccole riparazioni dei singoli organi, interni ed esterni, delle locomotive; — intorno ad ogni locomotiva dev'esservi tutto lo spazio libero necessario per deporre alcuni organi della stessa, quando si voglia smontarli, e gli utensili all'uopo necessarii senza che abbiano ad incagliare i movimenti od il lavoro nelle locomotive adiacenti; — per ultimo conviene predisporre il locale in modo da mantenere, nell'interno del medesimo, temperatura conveniente, anche d'inverno, per impedire la congelazione dell'acqua.

Le rimesse destinate a ricoverare un piccol numero di locomotive sono generalmente di forma rettangolare; quando devono invece accoglierne parecchie si dà alla rimessa ora una forma poligona o circolare, ora la forma semicircolare; sì nell'un caso come nell'altro le singole locomotive occupano binarii disposti secondo i raggi d'un circolo nel centro del quale è collocata una grande piattaforma, ampia quanto è necessario a ricevere contemporaneamente la locomotiva ed il suo carro di scorta. Nelle rimesse circolari la piattaforma occupa il centro dell'edificio, mentre nelle rimesse semicircolari, come è quella indicata dalla figura 251, la piattaforma trovasi esternamente; in entrambi i casi il movimento d'una locomotiva è completamente indipendente da quello delle altre. Quando si vuol far uscire una locomotiva, si incomincia col far ruotare la gran piattaforma (giovandosi all'uopo d'un arganello e di un sistema di ingranaggi grazie ai quali due soli operai possono eseguire tutta la manovra) finchè il binario sovr'essa collocato coincide perfettamente col binario occupato dalla locomotiva; allora il macchinista apre cautamente il regolatore, la locomotiva, — mossa dal vapore, — si avanza lentamente sulla piattaforma, rimorchiando dietro a sè il carro di scorta; quando tutte le ruote sì di questo come di quella stanno sulla piattaforma, il macchinista chiude completamente il regolatore, gli operai fanno girare la piattaforma, — giovandosi dell'arganello summenzionato, — finchè il di lei binario trovasi in perfetta coincidenza col binario che uscendo dalla rimessa va a congiungersi coi binarii della stazione; il macchinista apre di bel nuovo il regolatore, la locomotiva abbandona la piattaforma e va a compiere il servizio pel quale è destinata.

Discorrendo delle locomotive abbiamo già avuto occasione di accennare qual rilevante quantità d'acqua debba essere contenuta nel carro di scorta quando la locomotiva è pronta per la partenza; se tutta quell'acqua dovesse essere introdotta nel serbatoio del carro di scorta ad un secchio per volta, ci vorrebbe un'enorme quantità di tempo e non poca fatica. Per ovviare a questo duplice inconveniente, tutte le stazioni, nelle quali è prestabilito che la locomotiva debba rinnovare la sua provvista d'acqua, contengono un apposito edificio, detto *rifornitore* o *serbatoio d'acqua* (vedi fig. 253), nel cui piano superiore son collocate una o più grandi vasche metalliche della capacità di sessanta metri cubici od anche più; una pompa mossa da apposita macchina a vapore attinge l'acqua da un pozzo sottostante e la conduce nelle vasche. Da queste partono più tubi discendenti che dopo essersi ripiegati a gomito, percorrono sotterra uno spazio più o meno lungo finchè giungono alla rimessa delle locomotive; li giunti son nuovamente piegati a gomito e salgono a qualche altezza nell'interno d'una colonna cava di metallo, dalla quale si dipartono poi con un breve braccio orizzontale, la cui estremità corrisponde alla mezzaria d'uno dei binarii sui quali stazionano le locomotive; ciascuno di quei tubi è munito di robinetto che può essere aperto o chiuso. Quella colonna così attraversata dal tubo è detta *grue idraulica*. Ciò posto, si comprenderà facilmente che per rifornir d'acqua una locomotiva ed il suo carro di scorta basta farli andare fin sotto a quel braccio di tubo orizzontale: aprendo allora il robinetto l'acqua ne sgorga abbondante e continua e riempie in pochi minuti tutto il serbatoio contenuto nel carro di scorta (pag. 289, fig. 239). Nei climi freddi si impedisce all'acqua di gelare nell'interno delle grue idrauliche costruendole nel modo indicato dalla figura 253. La grue porta superiormente un serbatoio che riceve direttamente l'acqua del grande rifornitore (fig. 252); nella parte inferiore della grue è collocato un calorifero nel quale si mantiene acceso il fuoco; un tubo metallico sormonta il calorifero, attraversa il serbatoio e in tal guisa riscalda l'acqua: così questa vien preventivamente riscaldata e con poca spesa, poichè a tale scopo si impiega soltanto combustibile di scarto, che cioè non potrebbe essere utilmente impiegato nel fornello della locomotiva. Le due appendici discendenti dalla estremità dei due bracci orizzontali della grue (fig. 253) sono maniche di pelle destinate ad agevolare l'introduzione dell'acqua nell'interno del serbatoio del carro di scorta.

A complemento di quanto abbiam detto fino ad ora intorno alle stazioni ferroviarie non dovrebbe riescire inopportuna la sommaria descrizione di una grande stazione ferroviaria, quale è quella rappresentata dalla figura 254, ad illustrar la quale basterà che vi diamo spiegazione dei numeri che vi si trovano.

I due grandi cortili segnati 1 e 2 servono l'uno pei viaggiatori in partenza, l'altro pei viaggiatori in arrivo. Nel fabbricato che forma la fronte del primo cortile, sono gli uffici per la dispensa dei biglietti e per la consegna dei bagagli. Nel fabbricato, che forma la fronte del secondo cortile, trovi la dispensa dei bagagli ed altri uffici destinati alle guardie doganali ed a quelle di pubblica sicurezza.

Questi due fabbricati sono collegati da un terzo (segnato 3) che serve a stabilire un comodo passaggio dall'uno all'altro. I due spazii coperti da tettoie servono a riparare i viaggiatori dalle ingiurie atmosferiche quando salgono o scendono dai carrozzoni.

Poco lungi dal luogo di partenza vedesi la casa segnata 4 nella quale risiedono i varii uffici dell'amministrazione. I fabbricati segnati col 5 sono le rimesse per le varie vetture destinate al trasporto dei viaggiatori; verso destra, dalla parte dell'arrivo, vedesi la piccola rotonda segnata 7 che serve da corpo di guardia pei macchinisti e fuochisti di servizio; dietro ad essa il cortile con tettoia segnato 6, nel quale trovansi le scuderie e le rimesse pei carri che prestano servizio in città.

La fabbrica segnata 8, bene esposta rispetto alla luce, contiene l'*Ufficio studii*, nel quale si fanno i calcoli ed i disegni di macchine che poi vengono tradotti in atto dai meccanici nell'officina 9, destinata alle costruzioni ed alle riparazioni. Alcune Compagnie fanno costruire nelle loro officine tutto il materiale mobile di cui hanno bisogno, cioè locomotive, carri e vetture di ogni genere; altre Compagnie invece comperano da costruttori particolari questo materiale bello e fatto, e limitansi ad eseguire nelle officine le sole riparazioni.

In tutte queste officine i tornii, le cesoie, i grandi e poderosi martelli sono mossi da speciali macchine a vapore, che diconsi macchine fisse, per distinguerle dalle locomotive che sono essenzialmente mobili; un serbatoio d'acqua, 13, fornisce l'acqua necessaria alle macchine fisse dell'officina. Il combustibile necessario al riscaldamento sì delle macchine fisse come delle locomotive è depositato nei cumuli segnati col 22, a poca distanza dal serbatoio summenzionato; il vicino vedesi pure il deposito — segnato col 14 — dei cerchioni e delle ruote di ricambio per le locomotive, le vetture ed i carri ferroviarii.

Le rimesse per locomotive sono indicate dai numeri 11 e 12: la prima rappresenta una rimessa semicircolare (del tutto simile a quella rappresentata dalla fig. 251), l'altra è circolare; sì nell'una come nell'altra sono chiaramente visibili i binarii che vanno a raggiungere la grande piattaforma centrale collocata nel centro della rimessa e che serve, — come si è già detto, — a far entrare od a far uscire le singole locomotive dai varii binarii collocati nell'interno della rimessa. Piattaforme minori (simili a quelle descritte a pag. 281 e rappresentate dalle fig. 224-227), destinate a far passare dall'uno all'altro binario le vetture ed i carri ferroviarii, sono opportunamente collocate all'uscita delle rimesse delle vetture (segnate col 5), delle officine (indicate col 9), ed in alcuni altri punti della stazione. Le piccole proporzioni con le quali sono rappresentati non permettono di scorgere distintamente gli aghi e le leve di manovra dei baratti (pag. 297, fig. 218-222), ma voi già sapete che essi si trovano ogni qualvolta uno o più binarii si dipartono da un binario principale.

L'angolo inferiore a sinistra, della nostra figura, è occupato dalla *Stazione merci;* vasti fabbricati coperti, indicati col numero 15, son destinati al temporaneo deposito delle merci in partenza. Fabbricati consimili accolgono le merci in arrivo; il cortile indicato col numero 16 è riservato a quelle merci che nulla hanno a temere dalle ingiurie atmosferiche. Il carico e lo scarico di merci molto voluminose e pesanti, come ad esempio, grossi macigni e grandi travi, è agevolato dalle *grue girevoli*, indicate col numero 19. L'edificio segnato col numero 17 è un rifornitore isolato (simile a quello precedentemente descritto, figura 252), l'alto fumaiuolo che si erge al suo lato sinistro serve a smaltire i prodotti della combustione che si svolgono dal fornello d'una macchina a vapore; questa mette in movimento le pompe che attingono l'acqua da un pozzo sottostante, e la conducono al piano superiore del rifornitore; parecchi condotti sotterranei partono da quest'ultimo e vanno a terminare nelle grue idrauliche, indicate col numero 21, innalzate nei punti che frequentemente servono di stazione alle locomotive; sotto ai medesimi veggonsi apposite fosse; i macchinisti ed i fuochisti, scendendo in esse, possono esaminare minutamente, pulire e riparare gli organi inferiori della locomotiva.

Dalla stazione, finora descritta, parte un doppio binario che passa sotto al ponticello indicato col numero 24, varca poscia una profonda vallata, mercè il lungo viadotto a due ordini d'archi, segnato col numero 25 e penetra quindi nelle viscere d'un monte, attraversando una galleria, l'imbocco della quale è segnato col numero 26.

XXIX.

Varie specie di convogli: espressi, diretti, omnibus, misti, da merci, ordinarii, straordinarii. — Necessità delle più scrupolose esattezza nel movimento dei convogli. — Gli orarii ed il pubblico; il servizio postale internazionale; difficoltà del problema. — Composizione media dei convogli italiani nel 1867; numero e percorrenza dei convogli utili; numero e percorrenze medie dei viaggiatori. Cenni intorno ai trasporti effettuati a grande ed a piccola velocità sulle ferrovie italiane nel 1867.

Prima di chiudere questa forse troppo lunga descriziona delle strade ferrate, ci crediamo ancora in debito di fermarci alquanto sulle varie categorie di convogli che percorrono le ferrovie, di fornirvi alcuni cenni statistici intorno al movimento dei passeggeri e delle merci, di spiegarvi il significato dei singoli segnali dei biglietti e di alcuni incidenti dei viaggi.

È ben noto che non tutti i convogli son formati alla stessa guisa; vi sono *convogli passaggeri*, *convogli merci* e *convogli misti*. Come lo dice il nome, i primi servono unicamente al trasporto dei passaggeri, i secondi a quello delle merci, i terzi adempiono entrambi questi uffici; i primi possono essere *espressi*, *diretti* ed *omnibus*. Diconsi espressi quando viaggiano con la massima velocità compatibile coll'andamento della linea e si arrestano soltanto nelle stazioni più importanti; generalmente i convogli espressi sono composti esclusivamente di vetture di 1.ª classe; — i convogli diretti viaggiano con velocità alcun poco inferiore (circa 60 chilom. all'ora (1)), son formati di vetture di 1.ª e 2.ª classe; — i convogli omnibus, formati con vetture di tutte tre la classi, viaggiano più lentamente (circa 45 chilom. all'ora), si arrestano in tutte le stazioni della linea e la durata delle singole fermate è maggiore di quella prestabilita pei convogli diretti. I convogli misti viaggiano ancor più lenti (circa 35 chilom. all'ora) dei convogli omnibus; le singole fermate nelle stazioni intermedie sono di maggior durata, poichè convien lasciar tempo per effettuare le operazioni di carico e scarico delle merci e per aggiungere a convoglio o staccarne, uno o più carri da merci. Più lenti di tutti sono i convogli merci (circa 25 chilom. all'ora), e, come ben si comprende, le singole fermate nelle stazioni intermedie sono ancor più lunghe di quello ammesse pei convogli passaggeri.

(1) È questa la velocità effettiva del convoglio quando percorre lo spazio intermedio fra due stazioni, la velocità media dell'intero viaggio riesce naturalmente minore pei rallentamenti necessarii all'arrivo nelle stazioni; per le fermate e per la lentezza del convoglio nella partenza dalle singole stazioni.

Oltre a queste varie specie di convogli che collettivamente son detti *ordinarii* o *giornalieri*, poichè si verificano regolarmente tutti i giorni, sonvi convogli *straordinarii* sia per un milionario che voglia spendere un'egregia somma per procurarsi la soddisfazione di viaggiare in ore insolite e con un intero convoglio [a sua disposizione, nel qual caso l'amministrazione ferroviaria richiede un preavviso di alcune ore per predisporre ogni cosa affinchè la partenza ed il viaggio si effettuino senza alcun pericolo e senza recare alcun incaglio al servizio ordinario; sia per *corse di piacere*, le quali differiscono dalle ordinarie per qualche riduzione nei prezzi e per orario diverso dal consueto: sia infine per dar luogo ad eccezionali trasporti di merci.

È frequentissimo il caso, specialmente sulle linee di qualche importanza, che più convogli ad un tempo viaggino sia nella stessa direzione, sia in direzioni opposte; tale contemporaneità potrebbe produrre le più funeste conseguenze se, come diremo fra breve, il movimento dei convogli ordinari e straordinari non formasse l'oggetto di accuratissimi studii e scrupolosi calcoli. Il pericolo d'uno scontro appare, a primo aspetto, poco probabile quando la ferrovia è armata di doppio binario, tuttavia il pericolo sussiste anco in tal caso, poichè anche riservando l'uno dei due binarii ai convogli che si dirigono da una stazione A verso la stazione B e l'altro binario a tutti i convogli che si muovono in opposta direzione, vi sarebbe pur sempre il pericolo che un convoglio animato da mediocre velocità possa venir urtato da un convoglio viaggiante nella stessa direzione ma con maggior velocità; quando poi la ferrovia è armata d'un solo binario (1), il pericolo d'uno scontro è ancor più probabile e più manifesto. Sì grave pericolo è scongiurato dagli *orarii* abilmente calcolati, nei quali si stabiliscono preventivamente le stazioni destinate agli incrociamenti di due convogli. In queste stazioni sonvi almeno

(1) Sopra 5315 chilometri di ferrovie italiane, aperte all'esercizio a tutto il 31 dicembre 1867, soltanto 711 erano armati di doppio binario, i residui 4604 chilometri erano ad un solo binario.

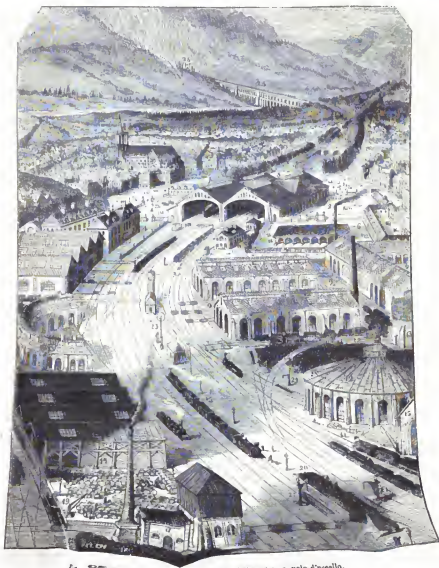



Fig. 254. Grande stazione ferroviaria veduta a volo d'uccello.

due binarii, e così uno dei due convogli può ricoverarvisi ed attendere il passaggio dell'altro. È quasi inutile osservare che per raggiungere l'intento è necessario che le prescrizioni dell'orario e dei singoli regolamenti in vigore presso le amministrazioni ferroviarie sieno scrupolosamente osservate da tutto il personale addetto ai convogli, altrimenti le ingegnose combinazioni contenute nell'orario diverrebbero illusorie, gli scontri riescirebbero frequentissimi e la sicurezza dei viaggiatori sarebbe gravemente compromessa.

Nella compilazione degli orarii si tien conto della velocità normale che dovrà avere il convoglio, della distanza che separa le singole stazioni, del tempo necessario ad ottenere la prestabilita velocità durante il viaggio e del rallentamento che deve precedere l'arrivo nelle singole stazioni. Oltre a questi elementi relativi alla sicurezza del viaggio conviene, per quanto è possibile, combinare gli orarii in guisa da soddisfare alle esigenze degli abitanti delle maggiori città che godono della ferrovia, al servizio postale nazionale ed internazionale sulle grandi arterie e coordinarvi gli orarii per le singole diramazioni. Basteranno questi pochi cenni a farvi comprendere che la compilazione d'un *orario generale* per una vesta rete ferroviaria è impresa ardua assai, e che per quanta buona volontà ci mettano le Compagnie, pure non sempre è possibile accontentare gli abitanti delle città estreme e delle città intermedie, della linea principale e delle sue diramazioni.

Venendo ora a discorrere della composizione dei convogli ferroviarii, vogliamo avvertire anzitutto che in ogni caso la locomotiva, seguita dal suo carro di scorta, deve occupare la testa del convoglio (1); fra il carro di scorta e la prima vettura passaggeri devono trovarsi i carri bagagli, questi formano uno scudo che, nel caso d'un urto, ne rende meno funeste le conseguenze pei passaggeri; il numero dei carri bagagli varia, come ben si comprende, a seconda dell'importanza dei convoglio, essi servono inoltre al trasporto delle *merci celeri* di piccolo volume.

Il numero e la qualità dei veicoli componenti un convoglio ferroviario varia, come è facile il comprendere, a norma della specie del convoglio, dell'epoca dell'anno, dell'importanza della linea e di mille altre circostanze; riescirebbe quindi impossibile precisare la composizione d'un convoglio; possiam dare però alcune madie che non sono del tutto prive d'interesse, relative al 1867. — La percorrenza totale dei convogli utili sulle ferrovie italiane nel corso dei 1867, fu di 16,925,830 chilometri (1), ripartiti come segue:

DESIONAZIONE DEI GRUPPI	Lunghezza media in esercizio — Chilometri	Percorrenza totale dei convogli utili — Chilometri
Alta Italia	2253	9,457,837
Romane (2)	1347	4,251,910
Meridionali	1162	2,953,933
Catabro-Sicule.	149	262,150
Totale	4911	16,925,830

Il nnmero medio dei convogli per ciascun giorno a chilometro di ferrovia in esercizio fu di 11.5 sulle ferrovie dell'Alta Italia e di 7.7 sulle ferrovie Meridionali. Il numero di veicoli che in media composero i singoli convogli, fu di 14.1 sulle ferrovie dell'Alta Italia (3), 10.4 sulle ferrovie Meridionali.

Il carico lordo per ciascun convoglio, sulle ferrovie dell'Alta Italie, risultò in media di 171 tonnellate (79 pei convogli viaggiatori e misti, 232 pei convogli merci).

Il numero totale dei passeggeri che, nel 1867, viaggiarono su ferrovie italiane, fu di 14,027,979; questo numero va ripartito fra i quattro gruppi secondo la tabella che diamo qui sotto.

L'importanza dei trasporti di bagagli, merci, cavalli e bestiami sì a grande come a piccola velocità, nel 1867, è indicata del seguente quadro:

DESIONAZIONE DEI GRUPPI	Grande Velocità			Piccola velocità	
	Bagagli e merci — Tonnell.	Cavalli — Numero	Bestiame — Numero	Merci — Tonnell	Cavalli e bestiame — Numero
Alta Italia . . .	100,854	6,796	193,608	2,272,753	105,905
Romane (2). . .	24,013	3,045	56,959	473,790	3,485
Meridionoli. . .	20,632	720	23,719	273,760	54,479
Catabro-Sicule.	2,656	64	272	19,315	95
Totati . .	148,155	10,625	274,359	3,039,618	163,964

(1) Quando una sola locomotiva non basta a rimorchiare un convoglio, si fa uso d'una seconda locomotiva che dicesi *di rinforzo*, in tal caso entrambe devono trovarsi alla testa del convoglio; tutte le circostanze del viaggio dipendono allora dal macchinista della prima locomotiva.

(1) La diversità fra la percorrenza dei convogli e quella delle locomotive (registrata nella nota a pag. 297) dipende dalla circostanza che talvolta un convoglio è rimorchiato da due locomotive.

(2) Le cifre esposte in questo quadro e nei seguenti, non comprendono la rete Pontificia, la cui estensione media in esercizio fu nel 1867, di chilometri 295.

(3) Più particolarmente la composizione media dei convogli passeggeri, sulla ferrovia dell'Alta Italia, risultò di 9.7 carrozze e carri diversi, quella dei convogli merci fu di 27.3 carri merci

DESIGNAZIONE DEI GRUPPI	Viaggiatori ordinarii dalle tre classi				Viaggiatori a prezzo ridotto	Militari ed'altri per conto del Governo	Totale dei viaggiatori d'ogni specie	Percorrenza media d'ogni viaggiatore	
	TOTALE	RAPPORTO FRA OGNI 100						Ordinarii	Per conto del Governo
		1.ª Classe	2.ª Classe	3.ª Classe					
	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Chilometri	Chilometri
Alta Italia	6,813,741	6.3	28.6	65.1	286,293	467,232	7,567,266	45.82	160.68
Romane (1)	3,591,513	5.4	22.1	72.5	40,022	314,933	3,946,468		?
Meridionali	2,370,891	3.0	25.0	72.0	37,025	234,885	2,642,801	31.20	103.40
Calabro-Sicule	443,780	2.5	26.4	70.1	12,509	15,155	471.444	27.62	?
Totali e medie ..	13,219,925	5.4	26.1	68.5	375,849	1,032,205	14,627,979		?

XXX.

I SEGNALI.

Necessità dei segnali e dell'obbedienza passiva. — Linguaggio dei segnali. — I dischi girevoli. Le bandiere ed i fanali a tre colori. — Segnali annessi ai convogli ed alle locomotive scelte. — Segnali acustici: i corni, i petardi, il fischietto e la campana. — Segnali per chiamare la locomotiva di rinforzo e quella di soccorso. — Segnali dati dal macchinista — Vantaggi della telegrafia elettrica per la sicurezza dei viaggi ferroviarii. — La calamita temporaria; i buoni ed i cattivi conduttori dell'elettricità. — Il telegrafo scrivente di Morse.

Per quanto scrupolosi possano essere gli impiegati ferroviarii nell'adempimento degli incarichi ad essi affidati, per quanto strettamente osservino i regolamenti che prescrivono l'ora ed il minuto dell'arrivo e della partenza dei convogli e d'ogni altra manovra ferroviaria, pure non è infrequente il caso che, sia per involontario errore, sia per circostanza fortuita, la sicurezza d'un convoglio viaggiante si trovi compromessa.

Fig. 255. Apparecchio per la manovra d'un disco girevole.

(1) Vedi la nota 2 pag. 314.

Fig. 256. Fianco. Fig. 257. Prospetto.
Disco girevole all'ingresso d'una stazione.

I guardiani scaglionati lungo la linea la sorvegliano continuamente ed hanno cura di mante-

neria in ottimo stato, sgombra da qualsiasi ostacolo; tuttavia possono continuamente sorgere impreviste circostanze ed interrompere la continuità della strada: le scarpe d'una trincea possono franare ed ingombrare i binarii, tratti d'argine possono improvvisamente deprimersi in seguito ad acquazzoni, torrenti impetuosi possono rompere i pari, danneggiare la ferrovia, squarciare gli argini, guastare i manufatti; — la locomotiva, le vetture, i carri costituenti il convoglio possono guastarsi durante il viaggio in modo da non permetterne il proseguimento e da richiedere urgenti soccorsi; — impreviste circostanze possono indurre l'amministrazione a far partire in ora straordinaria sia un intero convoglio, sia una macchina sciolta, e dei pari un convoglio viaggiante può trovarsi costretto ad indietreggiare verso la stazione donde è partito. In questi ed in moltissimi altri casi, che sarebbe troppo lungo l'enumerare, si manifesta urgentemente il bisogno di stabilire pronte e facili comunicazioni tanto fra i singoli guardiani della linea, quanto fra questi e gl'impiegati delle stazioni, quanto ancora fra gli uni e gli altri ed il personale viaggiante nei convogli. — A quest'importantissimo ufficio risponde

Fig. 258. Guardiano indicante la strada sgombra.

Fig. 259. Locomotiva viaggiante di notte sopra strada a semplice binario.

Fig. 260. Ultimo carro d'un convoglio viaggiante di notte sopra ferrovia a semplice binario.

Fig. 261. Locomotiva munita del segnale pel prossimo ritorno.

un ben combinato sistema di segnali, *ottici*, *acustici* ed *elettrici*, che merita d'essere sommariamente descritto.

Il linguaggio dei segnali ottici ed acustici è

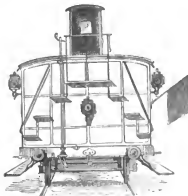



Fig. 262. Segnali per annunciare il prossimo passaggio d'un convoglio facoltativo.

semplicissimo e dev'essere compreso da tutto il personale addetto ai servizio dei convogli ed alla sorveglianza della linea. Questi segnali si limitano ad avvertire a tempo opportuno:

Fig. 263. Segnali per annunciare il prossimo passaggio d'un convoglio straordinario.

Che la strada è sgombra d'ostacoli e che il convoglio può quindi proseguire liberamente;

Ovvero che la strada è ingombra in modo più o meno pericoloso e che perciò il convoglio deve rallentare la sua corsa od anche fermarsi al più presto possibile;

Che un convoglio straordinario dovrà di lì a

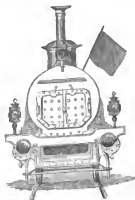



Fig. 264. Locomotiva provveduta di segnali annuncianti un convoglio straordinario.

poco percorrere la ferrovia nell'una o nell'altra direzione;

Od infine, che un convoglio chiede soccorso.

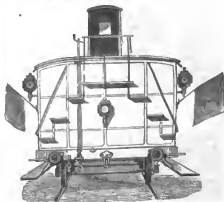



Fig. 265. Segnali annuncianti il prossimo passaggio di un convoglio *bis*.

I segnali elettrici servono alla rapida trasmissione di avvertimenti più complicati, che non potrebbero essere comunicati in altra guisa.

Ogni impiegato ferroviario, qualunque possa

essere il suo grado e le sue attribuzioni, deve prestare passiva ed assoluta ubbidienza ai singoli segnali; il discutere o trasgredire il valore o le indicazioni d'un segnale potrebbe avere le più funeste conseguenze.

I segnali ottici possono essere *fissi* o *mobili*, i primi sono *dischi girevoli* collocati verticalmente in sommità ad una colonna di ghisa; che si erge dal terreno a circa 800 metri di distanza dalle stazioni più importanti e dai punti di biforcazione di due linee. Il disco può ruotare intorno al proprio asse verticale e può quindi assumere due posizioni ben distinte, l'una parallela (fig. 256), l'altra perpendicolare al binario (fig. 257); un ingegnoso meccanismo, rappresentato dalla fig. 255 permette al guardiano cui è affidata la sorveglianza del disco, di manovrarlo anche a mille, milledneccento metri di distanza. Mantenendo la leva (fig. 255) nella posizione indicata dalle linee piene, il disco rimane parallelo al binario (figura 256), facendo invece ruotare quella leva e portandola nella posizione indicata dalle punteggiate, il guardiano esercita — con lievissima fatica — una forte tensione sopra un filo metallico che parte dal meccanismo che descriviamo e termina in una leva a gomito al piede della colonna di ghisa sostenente il disco; questa ruota allora intorno al proprio asse e si dispone in direzione perpendicolare al binario (fig. 257). Il macchinista, che viaggiando sulla locomotiva, va avvicinandosi al disco, lo vede in coltello nel primo caso, lo vede di fronte, in tutta la sua ampiezza, nel secondo.

Nel centro del disco è praticato un foro circolare, chiuso con vetro rosso; la superficie rimanente del disco è dipinta in rosso (fig. 257), dietro al centro del disco è collocato immobilmente un fanale provveduto lateralmente di vetri bianchi. Ciò posto si comprenderà facilmente il semplicissimo linguaggio del disco, che rassomiglia molto a quello del marchese Colombi: la strada *è libera* (fig. 256) ovvero non *è libera* (fig. 257). Nel primo caso il macchinista scorge il disco in coltello, se è giorno, ovvero vede la luce bianca del fanale, se è notte, e prosegue tranquillamente il suo viaggio; nel secondo caso all'incontro ei vede la faccia rossa del disco — se è giorno — o la luce del fanale, che, attraversando il vetro rosso, si fa di questo colore, se è notte, e senz'altro arresta il movimento della locomotiva.

I segnali ottici mobili sono *bandiere* e *fanali*; le prime possono essere di *color verde* e di *color rosso*, avvolte e tenute entro ad un fodero ovvero spiegate; i fanali sono lanterne cieche munite di tre vetri colorati, l'uno *bianco*, l'altro *rosso*, e il terzo *verde*, disposti però in modo che l'uno solo di essi riesca visibile e così la luce del fanale riesce d'uno o d'altro colore a seconda della volontà di chi manovra il fanale.

La bandiera avvolta nel fodero, presentata dal guardiano colla mano sinistra stesa orizzontalmente (fig. 258) indica, durante il giorno, che la strada è perfettamente sgombra e, conseguentemente, che il convoglio può proseguire il suo viaggio; di notte, il guardiano fornisce la stessa indicazione tenendo il fanale nella mano sinistra, in guisa che i raggi che escono dal medesimo attraversino il vetro bianco e vadano a colpire il binario.

Spiegando invece la bandiera verde o rivolgendo verso il convoglio la luce verde del fanale, il guardiano ordina il rallentamento.

La bandiera rossa durante il giorno, e la luce rossa del fanale durante la notte, impongono al macchinista di fermare il convoglio al più presto possibile.

In mancanza di bandiera rossa o di luce rossa nel fanale, ogni oggetto (fanale, fazzoletto, cappello, ecc.) violentemente agitato od anche le braccia alzate quanto è possibile, indicano l'imminenza d'un pericolo ed ingiungono la fermata istantanea.

I segnali ottici fin qui descritti stabiliscono una corrispondenza fra il guardiano ed il personale del convoglio; segnali consimili, opportunamente combinati, servono a trasmettere avvertimenti ed indicazioni di vario genere dal convoglio o dalla macchina sciolta, viaggianti a gran velocità, ai singoli guardiani scaglionati lungo la linea.

Per rendere visibile l'approssimarsi del convoglio o della sola locomotiva sia di nottetempo, sia quando l'atmosfera è nebbiosa, sia infine nei sotterranei, tanto la parte anteriore della locomotiva, quanto la parte posteriore dell'ultimo carro del convoglio, sono provveduti di fanali. — Sulle linee a semplice binario la parte anteriore della locomotiva è in tutti quei casi munita di due fanali a luce rossa, collocati superiormente ai due ripulsori, come è indicato dalla figura 259: l'ultimo carro del convoglio porta allora tre fanali a luce rossa disposti nel modo indicato dalla fig. 260: i due fanali laterali presentano la loro luce bianca nella direzione in cui viaggia il convoglio e possono essere veduti dal macchinista. — Le locomotive viaggianti sopra linee a doppio binario portano del pari due fanali interi, come è indicato dalla fig. 259, ma la luce dei medesimi è bianca anzichè rossa, i fanali posteriori rimangono identici a quelli indicati dalla fig. 260.

Qualora un convoglio debba di nottetempo, per

un motivo qualunque, retrocedere e rientrare nella stazione da ultimo abbandonata, si toglie dall'ultimo veicolo il gran fanale rosso collocato sopra il gancio di mezzo (fig. 260), mantenendo però invariata la posizione dei due fanali laterali a luce rossa.

Quando una locomotiva di soccorso o di rinforzo, attaccata in testa ad un convoglio, deve subito dopo ritornar sciolta alla stazione donde è partita, si deve durante il giorno provvederla alla parte superiore, al disopra della camera del fumo, presso alla base del fumaiuolo, d'una bandiera rossa (fig. 261); questa è sostituita — durante la notte — da un fanale a luce bianca, analogamente collocato alla base del fumaiuolo. — Questi segnali servono ad avvertire i singoli guardiani, che una locomotiva deve ritornar sciolta alla stazione d'onde è partita, non appena avrà compiuto il suo viaggio straordinario; perciò i guardiani non devono abbandonare il loro posto finchè quella locomotiva munita dei summenzionati segnali di ritorno non è effettivamente ritornata.

Il prossimo passaggio di un convoglio facoltativo o straordinario è notificato ai singoli guardiani della linea mercè appositi segnali collocati sul convoglio ordinario, che immediatamente precede il convoglio del cui insolito passaggio si vuol rendere avvertiti i guardiani; quando questo convoglio è facoltativo, ossia previsto negli orari, senza tuttavia essere ordinario, si espone alla *destra* dell'ultimo veicolo del convoglio ordinario (fig. 262) una bandiera verde, se di giorno, ed un fanale a luce verde, — in sostituzione a quello a luce rossa, precedentemente accennato (fig. 260) — se di notte. Se il convoglio che dovrà passare è speciale, ossia del tutto imprevisto nell'orario, la bandiera ed il fanale a luce verde vengono collocati al lato posteriore *sinistro* (figura 263), dell'ultimo veicolo del convoglio ordinario che immediatamente precede quel convoglio speciale.

Talvolta la brevità del tempo non consente di rendere avvertiti i guardiani della linea nel modo testè indicato, e l'avviso, invece d'essere impartito dal convoglio ordinario viaggiante nella stessa direzione del convoglio facoltativo o speciale che vuolsi annunciare, è dato al più prossimo convoglio ordinario viaggiante in opposta direzione; in tal caso si colloca alla base del fumaiuolo della locomotiva una bandiera verde (fig. 264) od un fanale a luce verde, a seconda che il viaggio ha luogo di giorno o di notte.

Se il convoglio straordinario di cui si vuol segnalare il passaggio, sussegue il convoglio ordinario a soli 10 minuti di intervallo (nel qual caso è detto *convoglio bis*), l'avvertimento è dato, durante il giorno, collocando una bandiera verde (fig. 265) a ciascun lato della parte posteriore dell'ultimo veicolo: di notte sostituendo la luce verde ed ambedue le luci rosse dei due fanali posteriori laterali dell'ultimo veicolo. In tutti questi casi i guardiani hanno l'obbligo di rimanere al loro posto finchè il convoglio facoltativo, speciale o *bis*, sia effettivamente passato.

I *segnali acustici* possono essere divisi in due categorie, a seconda che dipendono dai guardiani o dal macchinista che guida la locomotiva. Ciascun guardiano ha a sua disposizione un corno da caccia ed alcuni petardi; il macchinista dispone dell'acuto fischio del vapore e talvolta anche (come nella locomotiva rappresentata dalla figura 242) d'una sonora campana.

All'atto della partenza d'ogni convoglio il guardiano più prossimo ne dà annunzio al successivo emettendo col corno due suoni lunghi e staccati, e così la notizia si trasmette rapidamente lungo tutta la linea: quando per una circostanza qualunque, un convoglio ferroviario trovasi, durante il viaggio, nell'impossibilità di proseguire ed abbisogna d'una locomotiva di rinforzo, il guardiano più prossimo a quel convoglio ha l'obbligo di correre nella direzione verso la quale vuol chiedere la locomotiva di rinforzo emettendo col corno suoni brevi, forti, staccati, ed agitando, da giorno, la bandiera verde; di notte, il fanale a mano a luce verde. Ciascun guardiano deve continuare codesto segnale, correndo verso il guardiano più prossimo, finchè questi, in prova di averlo compreso, lo avrà ripetuto, ed avrà, alla sua volta, incominciato a trasmetterlo innanzi; così si continua fino alla prima stazione telegrafica, dalla quale si trasmette, col rapidissimo mezzo dell'elettricità, l'ordine di chiamata alla *locomotiva di riserva*, che trovasi sempre pronta a partire, nelle stazioni più importanti della linea.

Se il convoglio che non può proseguire ha gravemente sofferto per uno scontro o per altro motivo, la locomotiva di riserva, da sola, non basterebbe a condurre sul luogo di disastro i necessarii soccorsi, ed a far poscia proseguire i viaggiatori: perciò in tal caso il guardiano domanda che oltre alla locomotiva di riserva, vengano spedite vetture, lavoratori ed attrezzi; — a tal fine si deve correre verso il guardiano prossimo successivo, emettendo ancora col corno suoni forti, brevi e staccati, ma agitando invece la bandiera rossa, se di giorno, od il fanale a luce rossa, se di notte.

Talvolta può essere necessario arrestare un convoglio dopo che esso è passato dinanzi al guardiano; in tal caso questi corre verso il suo vicino

emettendo col corno il segno d'allarme (suoni brevi, forti e staccati), facendo sventolare la bandiera rossa, se di giorno, od agitando il fanale rosso se di notte.

In tempo di neve o di fitta nebbia ed in generale quando le bandiere o la luce dei fanali non siano visibili a 100 metri di distanza, e così pure quando il rigore del freddo, l'imperversar del vento od altra causa qualsiasi non permettano di mantenere accesi i fanali, il guardiano colloca sulle rotaie, nella località in cui avrebbe dovuto spiegare il segnale di fermata o di rallentamento (1), tre *petardi* a 25 metri di distanza l'uno dall'altro; questi contengono una mescolanza detonante (simile a quella che, urtata, determina l'accensione della polvere nelle armi da fuoco) che scoppia con gran rumore quando è schiacciata dal passaggio della ruota della locomotiva; il macchinista, avvertito da quel triplice scoppio, è avvertito del pericolo, ed arresta la locomotiva come se avesse veduto il segnale di fermata.

Ed ora vediamo finalmente in quali occasioni il macchinista deve valersi del potente suono del fischietto della locomotiva. Anzitutto è prescritto al macchinista di dare un breve fischio ogniqualvolta ei mette in movimento una locomotiva, sia sciolta od attaccata ad un convoglio; durante il viaggio, il macchinista deve far sentire replicatamente un fischio prolungato, quando vede che una o più persone si trovano sulla strada che dovrà essere percorsa dalla locomotiva. Analogo avvertimento è dato dal macchinista quando sta per attraversare i passaggi a livello più importanti della linea, quando sta per entrare in una curva, in un sotterraneo od in una stazione, quando un guardiano non occupa il posto assegnatogli, ed in generale quando vi ha motivo di dubitare che la strada non sia libera. — Viaggiando in tempo di nebbia, il macchinista deve far sentire frequentemente il fischio della locomotiva per avvertire gli incauti del prossimo suo passaggio.

Fig. 266. Spedizione d'un telegramma col sistema Morse.

Quando è il caso di chiudere i freni, il macchinista ne impartisce l'ordine ai conduttori, facendo udire tre fischi brevi e staccati; — il replicato succedersi di questi tre fischi è segnale d'allarme, indica la necessità di arrestarsi prontamente. — Quando i freni sono chiusi, un solo fischio prolungato dà l'ordine di aprirli. — Avvicinandosi, con la locomotiva, ad una biforcazione, il macchinista dà il segnale ordinario d'attenzione (un fischio prolungato) quando deve percorrere la linea posta alla sinistra della sua direzione; ei dà invece due fischi prolungati ogniqualvolta deve percorrere la linea a destra.

Sopra alcune linee ferroviarie, in Germania, in Belgio e in Inghilterra, il robinetto che apre o chiude il canale per cui esce il vapore che produce l'acuto fischio, può essere manovrato a distanza grazie ad una funicella o ad una catenella, questa è lunga quanto il convoglio ed è alla portata dei singoli conduttori, i quali possono in tal modo far giuocare il fischietto nel corso del viaggio o chiamare l'attenzione del macchinista su qualche circostanza che interessi la sicurezza del convoglio. — Altre volte la funicella è messa in comunicazione con una grossa campana collocata sulla locomotiva o sul carro di scorta, e la funicella stessa è disposta in modo da poter esser tesa tanto dal conduttori quanto dai passaggeri.

(1) Sì di giorno come di notte il segnale di fermata straordinaria dev'essere esposto a distanza non inferiore ai 500 metri dall'ostacolo che impedisce la circolazione. Qualora il convoglio che dev'essere arrestato viaggi in discesa o quando il tempo è nebbioso, il segnale dev'essere portato ad 800 metri dall'ostacolo.

A non meno di 200 metri di distanza dal luogo in cui si fa il segnale di fermata, devesi sempre spiegare il segnale di rallentamento.

Ed eccoci per ultimo a discorrere dei segnali elettrici, che, nella lor forma più complessa, costituiscono il telegrafo elettrico che mirabilmente si presta alla rapida ed esatta trasmissione degli ordini e delle istruzioni più complicate, da un capo all'altro d'una lunga linea ferroviaria. — Riservandoci a discorrere più particolareggiatamente, in altro volume, dell'applicazione dell'elettricità alla telegrafia, dobbiamo tuttavia accennare agli enormi beneficii che questa moderna invenzione arreca alla causa della civiltà in generale ed alla sicurezza dell'esercizio delle ferrovie in particolare. Osserviamo anzitutto che gli uffici telegrafici stabiliti nella maggior parte delle stazioni ferroviarie si prestano a più usi distinti.

Anzitutto servono alla trasmissione di dispacci, per conto dall' amministrazione, indirizzati sia da un capo all'altro della linea, sia fra due stazioni intermedie, nei quali si impartiscono ordini od avvertimenti, si comunicano reclami, verificazioni, ecc.; in secondo luogo servono alla trasmissione delle istruzioni di vario genere relative ai movimento dei convogli, agli eventuali ritardi che possono soffrire durante il viaggio, alla partenza di convogli straordinarii, alle domande di soccorso, ecc. Queste notizie che si scambiano fra stazione e stazione interessano in sommo grado la sicurezza della circolazione dei convogli ferroviarii e rendono possibili complicatissimi movimenti di convogli anche sopra linee provvedute d'un solo binario.

Fig. 267. Arrivo d'un telegramma col sistema Morse.

I vari sistemi di telegrafi elettrici attualmente in uso si fondano sopra un interessante fenomeno di fisica: un pezzo di ferro dolce che, in circostanze ordinarie, non possiede alcuna speciale forza attrattiva, è capace di attrarre il ferro, e quindi diviene una *calamita temporaria* non appena è attraversato da una *corrente elettrica*; quest'ultima è prodotta da un apparecchio che dicesi *pila elettrica*.

La corrente elettrica si propaga da un capo all'altro di alcuni corpi con rapidità quasi istantanea, mentre invece è incapace di attraversarne certi altri. I metalli, il carbon fossile, l'acqua allo stato di vapore ed allo stato liquido, il corpo umano, i vegetabili e tutti i corpi umidi permettono la rapida propagazione dell'elettricità, e perciò son detti *buoni conduttori;* lo zolfo, le resine, il vetro, la porcellana e la seta sono all'incontro *cattivi conduttori:* questi ultimi son detti anche *corpi isolanti* perchè servono oppurtunamente come sostegni quando si vuol conservare in un corpo conduttore la elettricità di cui è caricato. — Ciò posto si comprenderà facilmente che se un filo metallico parte da una pila e si estende per lungo tratto, sempre sostenuto da corpi isolanti (come sono appunto quei cappellietti di porcellana o di vetro che veggonsi fissati sui pali telegrafici), la corrente elettrica potrà rapidamente percorrerlo (con velocità superiore ai mille chilometri al minuto secondo) da un capo all'altro. Supponiamo che la pila elettrica si trovi a Milano, che il filo metallico corra sino a Firenze e che la sua estremità termini con un pezzo di ferro dolce; supponiamo inoltre che si possa interrompere o ristabilire a piacere il passaggio della corrente elettrica attraverso al filo metallico; in quest'ultimo caso il pezzo di ferro dolce diviene una calamita temporaria e quindi può attrarre a sè piccoli pezzi di ferro che si trovino poco discosti; nel primo caso all'incontro ei perde istantaneamente questa facoltà ed abbandona i pezzi di ferro. — Ecco dunque stabilita la possibilità d'un segnale elettrico fra due punti separati da grandissima distanza.

Nel telegrafo di *Morse* (così chiamato dal nome del suo inventore), detto anche *telegrafo scrivente* (fig. 266 a 267), la temporanea calamitazione del ferro dolce attrae l'estremità destra d'una leva

orizzontale mobile intorno al punto di mezzo, l'estremità sinistra della leva è provveduta d'una punta d'acciaio che serve a scrivere i segnali come ora diremo; una lista di carta molto lunga è avvolta a moltissimi giri sopra un tamburo; quando l'apparecchio deve funzionare, si introduce un capo di quella lista fra due cilindri metallici a superficie scabra, girevoli in versi contrarii come quelli d'un laminatoio; i due cilindri son messi in movimento da un meccanismo d'orologio e così la carta è obbligata a svolgersi continuamente dal tamburo. Osserviamo per ultimo che ogni qualvolta la corrente elettrica invade il pezzo di ferro dolce, questo attrae l'estremità destra della leva e la fa abbassare e quindi solleva necessariamente l'estremità sinistra su cui è congiunta la punta d'acciaio; questa è disposta in guisa che, quando è sollevata, intacca la carta e, senza foraria, vi produce tuttavia un'impronta che può essere o un sol punto od una linea più o meno lunga. Se la corrente elettrica fu stabilita e subito dopo interrotta, la calamitazione del ferro dolce avrà durato un piccolissimo istante, la punta metallica avrà appena intaccata la carta e se ne sarà allontanata subito dopo; quindi avrà prodotto solo un punto; se invece la corrente durò un tempo più lungo, la calamita temporaria avrà obbligata la punta metallica a solcare la carta per tutto quel tempo e quindi la carta porterà l'impronta d'una linea tanto più lunga, quanto maggiore fu la durata della corrente elettrica.

Esaminiamo ora la figura 266 che rappresenta la stazione telegrafica di partenza: la cassa aperta collocata sotto al tavolo racchiude una pila elettrica dalla quale parte un filo metallico che giunge al *manipolatore*, ossia al congegno mercè il quale si può stabilire od interrompere ad arbitrio la corrente elettrica, un altro filo metallico si stacca dal manipolatore, esce dalla stanza e, sostenuto dai pali collocati lungo la linea (a circa 50 metri di distanza l'uno dall'altro) penetra nella stazione di arrivo (fig. 267). Quando l'impiegato preme con la mano il bottone del manipolatore (fig. 266), la corrente elettrica si dirige immediatamente alla stazione d'arrivo, il pezzo di ferro dolce colà collocato diventa una calamita temporaria, attrae l'estremità destra dalla leva ed obbliga la punta metallica a solcare la lista di carta, il ferro dolce rimane calamitato e la punta metallica continua a solcare la lista di carta, finchè l'impiegato che abbiam veduto nella stazione di partenza (fig. 266) non cessa di premere sul bottone del manipolatore; non appena il manipolatore è liberato da quella pressione, la corrente elettrica rimane interrotta; il ferro dolce, collocato nella stazione d'arrivo, perde le sue qualità magnetiche, abbandona la leva e la punta metallica cessa di solcare la carta.

Ecco dunque che la durata del solco dipende dal tratto di tempo, più o meno lungo, durante il quale l'impiegato ha premuto il manipolatore. Se la pressione durò solo un istante, la punta metallica segnerà soltanto un punto ( ), se la pressione fu di qualche durata, la punta metallica segnerà una linea (—). Ciò posto non riesce difficile il comprendere come l'apparecchio da noi sommariamente descritto possa servire alla trasmissione di qualsivoglia dispaccio; basta stabilire un alfabeto convenzionale nel quale ogni lettera è rappresentata da una combinazione di punti e di linee; così ad esempio:

un punto ed una linea (.—) rappresentano la lettera			A
una linea e tre punti (— . . .)	»	»	B
tre punti (. . .)	»	»	C
una linea e due punti (— . .)	»	»	D

e così di seguito. — Per impedire ogni confusione è necessario stabilire un breve intervallo fra due lettere successive ed un intervallo un po' maggiore fra due parole.

L'impiegato che trovasi nella stazione d'arrivo (fig. 267), osserva la lista di carta che, mentre si avolge dal tamburo, va gradatamente coprendosi di punti e di linee ed in quel misterioso linguaggio legge le parole e le frasi e quindi le trascrive, in linguaggio ordinario, sopra apposito registro.

XXXI.

Pubblicità degli accidenti ferroviarii. — Vittime prodotte dal movimento delle vetture ordinarie nella città di Parigi. — Vittime sulle ferrovie e sulle Messaggerie francesi. — Confortanti conclusioni. — Vittime prodotte dalle ferrovie italiane nel biennio 1866-67. — Cause degli accidenti; in qual modo potranno diminuire. — Consigli ai viaggiatori.

L'efficacia dei varii provvedimenti fino ad ora accennati non potrebbe esser messa in dubbio da alcuno. I viaggi ferroviarii presentano ormai un alto grado di sicurezza, di gran lunga superiore a quella offerta da tutti gli altri mezzi di trasporto fino ad ora conosciuti; tuttavia gli urti, gli sviamenti ed altre sciagure non sono ancor diventate del tutto impossibili; l'opinione pubblica trovasi, di quando in quando, dolorosamente impressionata dalle dolorose conseguenze di alcuni accidenti che, sebbene a larghissimi intervalli, pure funestano alcuni viaggi ferroviarii.

La natura di questi accidenti e l'immensa pubblicità di cui si gode al presente fa sì che tutta Europa trovasi immediatamente informata d'ogni scontro ferroviario e d'ogni altro accidente un po' importante, tutti ne parlano, tutti se ne preoccupano e non mancano coloro che ne traggono argomento per proclamare la poca sicurezza dei viaggi ferroviarii. Per confondere questi nemici del progresso basterebbe chiamare la loro attenzione su cento cause che pur mietono numerose vittime in fin d'un anno senza che alcuno se ne preoccupi. Fra gli abitanti d'una grande città, quanti ve ne sono che uscendo di casa badino ai pericoli d'ogni genere ai quali si espongono? Eppure le *Cronache cittadine* delle nostre gazzette contengono quasi tutti i giorni la dolorosa notizia di qualche passaggero travolto sotto alle ruote d'un carro o d'una vettura trascinata da focoso destriero, di ferite più o meno gravi prodotte dall'improvvisa caduta d'un oggetto incautamente abbandonato dai piani superiori delle case, di annegamenti involontarii e simili.

Per citare un esempio concreto diremo che a Parigi nel solo anno 1860 si ebbero a deplorare 600 vittime, — 30 morti e 579 feriti, — di accidenti di vario genere prodotti dalle vetture sulla pubblica via.

Risulta in pari tempo, da statistiche ufficiali, che nel decennio 1851-60 le morti accadute su ferrovie francesi per cause dipendenti da accidenti di vario genere, ascesero a 44, poco più del numero di morti prodotte in un solo anno dalla circolazione delle vetture nella metropoli francese. Il numero dei viaggiatori trasportati in quel decennio fu di 310 milioni; quindi si può contare in media un morto sopra ogni sette milioni di viaggiatori. Poniamo a raffronto di questi risultati quelli che si ebbero dall'esercizio di due grandi compagnie di messaggerie ossia diligenze francesi nel decennio 1846-1855; i morti furono 20, i feriti 238, il numero dei viaggiatori trasportati fu di soli 7,109,276 quindi vi fu un morto per ogni 355.463 ed un ferito per ogni 29,871. L'enorme differenza a favore della sicurezza dei viaggi ferroviarii non abbisogna di commenti.

Da un'accurata *Relazione sulle strade ferrate italiane* pubblicata dal Commissariato generale delle strade ferrate del Regno, risulta che nel biennio 1866-1867 non un viaggiatore incontrò la morte, — per causa di accidenti ferroviarii, — nel percorrere le ferrovie italiane; quantunque il numero totale dei viaggiatori trasportati in quel biennio ascenda alla cospicua cifra di circa trenta milioni.

Questo fatto, di cui è raro trovare riscontro in altri paesi, specialmente in Inghilterra ed in Prussia, dove si ebbe a deplorare, nei detti due anni, la morte di parecchi viaggiatori per causa del servizio, vale a provare che l'esercizio delle nostre ferrovie procede abbastanza sicuro.

A compimento di questi cenni statistici non riescirà forse discaro al lettore l'ispezione del quadro a pagina seguente ricavato dalla suddetta *Relazione;* in esso figurano tutte le vittime prodotte dall'esercizio delle ferrovie italiane nel suddetto biennio, ed alcuni interessanti rapporti fra il numero dei morti e dei feriti e quello dei chilometri di ferrovia in esercizio, della percorrenza e del numero dei viaggiatori trasportati.

Studiando le cause dei varii accidenti che possono funestare i viaggi ferroviarii, si riconosce che alcuni sono imputabili ad imperfezioni o guasti del materiale, altri ad incuria od errore degli impiegati, altri ancora ad atti imprudenti commessi dai viaggiatori, che poi ne rimangon vittime. Da questa distinzione risulta manifesto che le singole amministrazioni ferroviarie devono cercare in più maniere di rendere remota quanto più è possibile la probabilità d'un accidente: anzitutto è necessario che tutto il materiale, sì il fisso come il mobile, sia costantemente mantenuto

in buono stato, il che si ottiene tanto più facilmente, quanto più accurata fu la scelta dei materiali e la fabbricazione dei medesimi. La massima puntualità del servizio, la perfezione dei segnali concorrono con l'istruzione pratica degli impiegati, colla rigorosa osservanza dei regolamenti, all'indispensabile precisione dei movimenti dei convogli su tutta la linea. Per ultimo, viaggiatori ed impiegati devono tutti obbedire alle misure di prudenza saggiamente consigliate dai regolamenti. Se tutte le precauzioni e la rigorosa osservanza di ben studiati regolamenti non varranno a rendere del tutto impossibili gli accidenti ferroviarii, varranno almeno a renderli sempre più rari e meno funesti.

E quali sarebbero le misure di prudenza che i viaggiatori non dovrebbero mai dimenticare? — È presto detto: Non convien mai salire o scendere

CONDIZIONE DELLE VITTIME E CAUSA SOMMARIA	NUMERO COMPLESSIVO DELLE VITTIME				PER OGNI 1000 CHILOMETRI DI FERROVIA (1)				PER OGNI MILIONE DI CHILOMETRI PERCORSI (2)				PER OGNI MILIONE DI VIAGGIATORI TRASPORTATI (3)			
	Morti		Feriti		Morti		Feriti		Morti		Feriti		Morti		Feriti	
	1866	1867	1866	1867	1866	1867	1866	1867	1866	1867	1866	1867	1866	1867	1866	1867
In seguito ad accidente ferroviario.																
Viaggiatori	—	—	60	8	—	—	13.8	1.6	—	—	4.20	0.48	—	—	—	0.56
Agenti del servizio	7	3	15	21	1.6	0.6	3.5	4.3	0.49	0.18	1.05	1.26	—	0.21	—	1.48
Estranei	2	3	4	—	0.4	0.6	0.9	—	0.11	0.18	0.28	—	—	0.21	—	—
Totale	9	6	79	29	2.0	1.2	18.2	5.9	0.63	0.36	5.53	1.74	—	0.42	—	2.04
Per propria imprudenza.																
Viaggiatori	12	2	11	1	2.8	0.4	2.5	0.2	0.84	0.12	0.77	0.06	—	0.14	—	0.07
Agenti del servizio	28	31	18	14	6.4	6.3	4.2	2.9	1.95	1.86	1.25	0.84	—	2.19	—	0.99
Estranei	21	21	13	7	4.8	4.3	3.0	1.4	1.47	1.26	0.91	0.42	—	1.48	—	0.49
Totale	61	54	42	22	14.0	11.0	9.7	4.5	4.26	3.24	2.93	1.32	—	3.81	—	1.55
Per volontà propria.																
Viaggiatori	1	—	—	—	0.2	—	—	—	0.07	—	—	—	—	—	—	—
Agenti del servizio	—	1	—	—	—	0.2	—	—	—	0.06	—	—	—	0.07	—	—
Estranei	10	7	2	4	2.3	1.5	0.4	0.8	0.70	0.42	0.14	0.24	—	0.50	—	0.28
Totale	11	8	2	4	2.5	1.7	0.4	0.8	0.77	0.48	0.14	0.24	—	0.57	—	0.28
TOTALE E MEDIA GENERALE	81	68	123	55	18.5	13.9	28.3	11.2	5.66	4.08	8.60	3.30	—	4.00	—	3.87

(1) Si ritennero in 4311,12 i chilometri esercitati nel 1866, perchè se questa cifra comprende la rete pontificia, di cui non si conoscono gli accidenti, non abbraccia la rete veneta, di cui però si diedero gli accidenti pel 2° semestre, cioè dacchè fu riunita al Regno d'Italia. Quanto al 1867 si ritennero i chilometri in 4911, che rappresentano tutte le linee, escluse quelle sul territorio pontificio. — Analoga osservazione si applica ai chilometri percorsi ed al numero dei viaggiatori trasportati, che servirono di base alla formazione delle altre colonne di questo prospetto.
(2) Pel 1866 i chilometri percorsi risultano in 11,311,033.
(3) Si ommise il calcolo pel 1866, mancando per detto anno il numero dei viaggiatori trasportati sulle ferrovie romane.

da una vettura finchè il convoglio non è completamente immobile; una caduta, anche leggiera, potrebbe riescir mortale, qualora le gambe dell'imprudente andassero ad impegnarsi fra le ruote delle vetture. — Non è prudente sporger fuori dalle portiere o dalle finestre delle vetture, sia la testa, sia le braccia; non sempre si è in tempo di ritirarle mentre il convoglio rasenta qualche ostacolo; ai fumatori si raccomanda di esser cauti nel far uso dei zolfanelli: lasciandone cadere uno, anche semi-spento, nell'interno della vettura, si può provocare un incendio, che può riescir funestissimo per la grande velocità del convoglio e per la difficoltà di farlo fermare repentinamente.

Non appoggiatevi mai, durante, il viaggio, alle portiere d'una vettura senza accertarvi che tanto la maniglia superiore quanto il saliscendi inferiore sieno ben chiusi. Se per mala sorte sopraggiunge un accidente durante il viaggio, non uscite dalla vettura e non sporgete la testa dalla portiera; accadendo che il convoglio si arresti momentaneamente nel corso del viaggio, rimanete tuttavia al vostro posto; scendendo correreste più rischi; il convoglio potrebbe rimettersi tosto in movimento e volendo rientrarvi frettolosa-

mente potreste perder l'equilibrio e cadere sulle rotaie; sulle ferrovie a doppio binario potreste inoltre rimanere stritolati da un secondo convoglio che sopraggiungesse in quell'istante.

Questi avvertimenti son già noti alla maggioranza dei viaggiatori, tuttavia non pochi li trascurano, sia per reale imprudenza, sia per millanteria, che è riprovevole sempre, ma più che mai quando per vanagloria si pone a repentaglio una vita che può esser meglio spesa a vantaggio proprio e dei proprii simili.

XXXII.

Il viaggiatore previdente e l'acquisto del biglietto pel viaggio. — Le indicazioni impresse al momento della vendita e quelle già stampate sul biglietto. — *Tenere il biglietto!* Le serie da 10000 biglietti e la macchina che serve a stamparli. — I biglietti pei convogli ordinarii e quelli pei convogli diretti. — Varietà di colori. — Biglietti d'andata e ritorno. — Influenza educatrice delle ferrovie.

Ed ora se dopo tanti avvertimenti volete mettervi in viaggio converrà pure metter mano al borsello ed acquistare il biglietto; avvicinandovi all'ufficio di vendita chiederete per esempio: « *Uno secondi per Bari!* » Se, come non dubito, siete persona previdente, avrete già esaminata la tariffa e affacciandovi allo sportello dell'impiegato preposto alla vendita dei biglietti deporrete sul banco, sotto ai suoi occhi, la somma indicata nella tariffa (L. 78,50) pel viaggio diretto, più 5 centesimi, per la tassa governativa; il viaggiatore che si presenta allo sportello con la somma precisa all'inchiostro cosa significano? La più importante di tutte è TENERE IL BIGLIETTO, raccomandazione troppo eloquente per abbisognare di commenti; il viaggiatore privo di biglietto può, a tenore dei regolamenti, essere costretto a pagare una multa, dunque ci badi bene e custodisca gelosamente il biglietto fino alla stazione d'arrivo. E l'A che sta sotto non è forse un indovinello? eccone la chiave: i biglietti vengono stampati mercè una macchina molto ingegnosa che muta parte dell'impronta ad ogni biglietto; il primo biglietto valevole pel viaggio fra due stazioni determi-

Fig. 268. Modello di biglietto per viaggio in convoglio diretto.

Fig. 269. Modello di biglietto per viaggi in convogli ordinarii.

che deve spendere ha per diritto la precedenza su quelli che devono reclamare un residuo, dunque chi non vuol perder tempo allo sportello ci pensi prima. L'impiegato prima di consegnarvi il biglietto (fig. 268) lo introduce per un istante in un apparecchio che lascia improntate a secco alcune cifre ed alcune lettere, ad esempio 21 30 AG 69. Che vogliono dire? dicono che il convoglio col quale intendete partire porta il numero progressivo 21, che il biglietto è rilasciato al 30 agosto dell'anno di grazia 1869. Per tal modo riesce impossibile valersi due volte dello stesso biglietto. E le altre indicazioni che veggonsi già stampate nate, ad esempio Milano-Bari, porta sul lato destro l'indicazione 0000, il secondo è del tutto identico al precedente, tranne che nell'impronta sul lato destro che è 0001: similmente il terzo porta allo stesso posto le quattro cifre 0002 e così via: il centesimo è segnato con 0099, il millesimo biglietto è caratterizzato dalle tre cifre 0999 e finalmente il diecimillesimo biglietto è segnato col 9999. Le successive variazioni di quelle cifre son prodotte dall'ingegnosa disposizione del meccanismo; l'incaricato della stampa dei biglietti introduce un certo numero di cartoncini rettangolari d'egual superficie e d'eguale spessore in una

cavità laterale della macchina e quindi imprime ad essa il necessario movimento girando continuamente un manubrio; la macchina pensa al resto e stampa 10000 biglietti Milano-Bari, — o per qualsiasi altra destinazione, — in sole tre ore di lavoro, improntando ciascun biglietto con tutti i numeri intieri compresi fra 0000 e 9999; ma dopo d'aver stampati tutti quei biglietti che, per quanto abbiam detto, riescono tutti diversi l'uno dall'altro e che perciò si prestano più agevolmente alle necessarie controllerie, ricomincerebbe a stampare i successivi biglietti dal 0000 in avanti; ne risulterebbero allora due o più biglietti con la stessa identica numerazione, il che potrebbe dar luogo ad equivoci nelle operazioni di controllo: per tal motivo, compiuta la stampa d'una *prima serie* composta di 10000 biglietti, si passa a stampare una *seconda serie* e così di seguito, differenziando le singole serie con una determinata lettera dell'alfabeto. Se vi capitasse fra le mani un biglietto Milano-Monza, che al basso dell'ovale a sinistra portasse una F e sul lato destro portasse il numero 8931, potreste concluderne con tutta certezza che prima di quello furono già stampati e venduti 58931 biglietti per quella destinazione. Le indicazioni contenute nell'ovale a destra sono stampate a garanzia del pubblico; affinchè ciascuno possa riconoscere se la somma spesa corrisponde realmente con quella prestabilita dalla tariffa pel viaggio di cui si tratta. Per ultimo il 65 stampato nel mezzo del biglietto, è il numero d'ordine della stazione destinataria, che nel nostro caso, è Bari. Abbiam detto tutto? no, c'è la diversità del colore: mezzo biglietto è bianco, l'altro mezzo è di colore diverso affinchè gli impiegati che eseguiscono la controlleria, sia alla partenza, sia durante il viaggio, sia all'arrivo, possano a colpo d'occhio riconoscere se il passaggero è realmente provveduto di biglietto valevole per viaggio in convoglio diretto; i biglietti di prima classe sono, in tal caso, metà bianchi e metà verdi, quelli di seconda classe son mezzi bianchi a mezzi rossi; i biglietti valevoli soltanto pei viaggi nei convogli ordinarii sono d'un sol colore, verdi se di prima, bianchi se di seconda, e rossi se di terza classe.

Analoghe sono le indicazioni poste sui biglietti d'andata e ritorno (fig. 270): questo che vi pre-

PONTEDECIMO GENOVA 2ª CLASSE L. 1 60 RITORNO 86	GENOVA PONTEDECIMO 2ª CLASSE L. 1 60 ANDATA 82	A0506

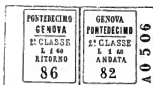



Fig. 270. Modello di biglietto per andata e ritorno.

sentiamo è il 507° della prima serie; il numero 86 è il numero d'ordine della stazione di Genova; l'82 è quello della stazione di Pontedecimo; il bigliettario imprime con caratteri a secco il numero e la data del convoglio sul mezzo biglietto valevole pel ritorno, affinchè questo possa effettuarsi, in virtù di quel mezzo biglietto, soltanto entro al periodo di tempo prestabilito dai regolamenti. E in quest'incontro ci piace osservare come non ultimo fra i molti vantaggi delle ferrovie, sia pur quello di educare le moltitudini all'ordine, alla regolarità, alla precisione, a meglio apprezzare il valore del tempo ed a farne quindi il massimo buon uso.

FINE DELLA PARTE SECONDA.

INDICE DELLA PARTE SECONDA

I FARI E I SEGNALI MARITTIMI.

LE MACCHINE A VAPORE.

LE RIVALI DELLA MACCHINA A VAPORE.

I BATTELLI A VAPORE.

LE STRADE FERRATE.